Manual Compacto de
Biologia
ENSINO MÉDIO

Expediente

Presidente e editor:	**Italo Amadio**
Diretora editorial:	**Katia Amadio**
Editora-assistente:	**Ana Paula Ribeiro**
Coordenação editorial:	**Adson Vasconcelos**
Assistente editorial:	**Sandra Maria da Silva**
Revisão:	**Equipe Rideel**
Projeto gráfico:	**Breno Henrique**
Diagramação:	**Azza Graphstudio Ltda. Projeto e Imagem**
Pesquisa iconográfica:	**Vivian Rosa**
Produção gráfica:	**Helio Ramos**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Boschilia, Cleuza
Manual compacto de biologia / Cleuza Boschilia – 1. ed. – São Paulo : Rideel, 2010.

ISBN 978-85-339-1273-1

1. Biologia – Estudo e ensino I. Título.

09-05098 CDD-574.07

Índice para catálogo sistemático:
1. Biologia : Estudo e ensino 574.07

Todos os esforços foram feitos para identificar e confirmar a origem e autoria das imagens utilizadas nesta obra, bem como local, datas de nascimento e de morte de cada filósofo abordado. Os editores corrigirão e atualizarão em edições futuras informações e créditos incompletos ou involuntariamente omitidos. Solicitamos que entre em contato conosco caso algo de seu conhecimento possa complementar ou contestar informações apresentadas nesta obra.

© Copyright – todos os direitos reservados à:

EDITORA RIDEEL

EDITORA AFILIADA

Av. Casa Verde, 455 – Casa Verde
Cep 02519-000 – São Paulo – SP
e-mail: sac@rideel.com.br
www.editorarideel.com.br

Proibida qualquer reprodução, mecânica ou eletrônica, total ou parcial, sem a permissão expressa do editor.

1 3 5 7 9 8 6 4 2
0 4 1 0

SUMÁRIO

Capítulo 1
Introdução à Biologia 11
Os seres vivos 11
Os níveis de organização dos seres vivos 14
A origem da vida e a teoria gradual dos sistemas químicos ... 15
Teorias da abiogênese e da biogênese 17
Método científico 20
Teste seu saber 22

Capítulo 2
A célula 25
O microscópio e a descoberta da célula 25
Teoria celular 28
Células procarióticas e células eucarióticas 29
Células animais e células vegetais 31
Composição química da célula 32
Estrutura da célula 39
Teste seu saber 54

Capítulo 3
Ácidos nucleicos 59
Ácido desoxirribonucleico (DNA) 59
Células-tronco 67
Teste seu saber 73

Capítulo 4
Ciclo celular 76
Intérfase 76
Divisão celular 78
Teste seu saber 89

Capítulo 5
Produção de energia da célula 93
Respiração anaeróbica ou fermentação 93
Respiração aeróbica 97
Fotossíntese 101

Teste seu saber 106

Capítulo 6
Taxonomia dos seres vivos 109
Classificando a diversidade biológica 109
Sistema de classificação e nomenclatura 110
Diversidade dos seres vivos e critérios de agrupamento dos reinos 112
Teste seu saber 114

Capítulo 7
Vírus: um caso à parte 116
Características gerais dos vírus 116
Estrutura viral 116
Principais viroses 119
Teste seu saber 129

Capítulo 8
Reino Monera 132
Bactérias 132
Teste seu saber 140

Capítulo 9
Reino Protoctista 143
Protozoários 143
Algas 151
Teste seu saber 155

Capítulo 10
Reino Fungi 159
Os fungos 159
Doenças causadas por fungos 164
Teste seu saber 165

Capítulo 11
Reino Plantae ou Metaphyta 168
Os vegetais 168
Estrutura e organização 170
Teste seu saber 185

Capítulo 12
Histologia, anatomia e fisiologia vegetal 190
Histologia 190
Anatomia e fisiologia vegetal 196
Teste seu saber 217

Capítulo 13
Reino Animalia ou Metazoa – os animais 222
Poríferos 222
Cnidários 225
Platelmintos 227
Nematelmintos 235
Anelídeos 239
Artrópodes 242
Moluscos 248
Equinodermos 251
Cordados 252
Teste seu saber 265

Capítulo 14
Fisiologia animal 268
Nutrição 268
Reprodução 297
Funções de relação 305
Equilíbrio entre as funções 314
Coordenação 314
A nova nomenclatura anatômica 334
Teste seu saber 339

Capítulo 15
Genética 345
Conceitos fundamentais em genética 345
Genealogia 348
Importância da genética e hereditariedade 349
Teste seu saber 355

Capítulo 16
Os trabalhos de Mendel 359
O princípio da dominância 360

A 1ª Lei de Mendel 361
Proporções mendelianas 363
Teste seu saber 367

Capítulo 17
Alterações das proporções mendelianas..... 371
Semidominância 371
Genes letais..... 372
Herança determinada por alelos múltiplos (polialelia)..... 374
Teste seu saber 382

Capítulo 18
Determinação genética do sexo e ligação ao sexo 384
Determinação do sexo..... 384
Principais aneuploidias humanas 390
Herança ligada ao sexo..... 392
Herança ligada ao sexo no ser humano 394
Herança restrita ao sexo 396
Herança influenciada pelo sexo 397
Teste seu saber 398

Capítulo 19
Interações entre genes 399
Interação gênica 399
Herança quantitativa 402
Pleiotropia 405
Epistasia..... 405
Teste seu saber 407

Capítulo 20
***Linkage* e mapa gênico 409**
Permuta ou recombinação gênica 410
Teste seu saber 414

Capítulo 21
Evolução 417
Teorias e evidências da evolução..... 417
Adaptação e seleção natural 423
Neodarwinismo..... 423
Especiação (formação de novas espécies) 425

Eras geológicas e origem dos grupos atuais 427
Teste seu saber 430

Capítulo 22
Ecologia 433
Introdução 433
Conceitos fundamentais em Ecologia 433
Sucessão ecológica 434
Teste seu saber 437

Capítulo 23
Estrutura dos ecossistemas 439
Fluxo de energia e de matéria 439
Direcionamento dos fluxos energéticos e da matéria 441
Cadeias e teias alimentares 441
Pirâmides ecológicas 443
Teste seu saber 451

Capítulo 24
A interferência humana e o desequilíbrio ecológico 454
Poluição ambiental 454
Efeito estufa 455
Destruição da camada de ozônio 456
Chuvas ácidas 457
Desmatamento 457
Lixo urbano e poluentes radioativos 458
Extinção das espécies 461
Teste seu saber 463

Resposta das atividades 468
Siglas utilizadas 478
Bibliografia 480

1 Introdução à Biologia

Biologia é a ciência que estuda a vida e todas as suas manifestações vitais. Com origem no latim, *bius* significa vida, e *logos*, estudo.

A Biologia nos permite compreender as transformações científicas, os grandes males dos nossos tempos, como a aids, as drogas, a fome, os desequilíbrios ambientais e tantos outros que prejudicam a vida na Terra. Dessa forma, podemos nos tornar cidadãos críticos, capazes de lutar pelo direito de viver em um mundo melhor.

Os seres vivos

A vida é definida por meio de características ausentes nos seres não vivos. As principais características que definem um ser vivo são: composição química complexa, organização celular, crescimento, reprodução, metabolismo, homeostase, reações a estímulos do ambiente e evolução.

Reações a estímulos do ambiente

Os animais correm, saltam, nadam, procuram alimentos ou buscam parceiros para reprodução; os vegetais inclinam-se em movimentos lentos em direção à luz; as raízes crescem em direção à fonte de água. A luz, a água e os alimentos, por exemplo, são fatores estimulantes aos quais os seres vivos são capazes de reagir.

Crescimento

O aumento do volume de um corpo nos permite dizer que ele cresceu. Nos seres vivos, esse crescimento acontece em decorrência do aumento em número e tamanho das células. Isso ocorre devido à capacidade de incorporar e assimilar alimentos, transformando-os em energia e substâncias estruturais.

Reprodução

Os seres vivos são capazes de dar origem a seres semelhantes a eles. A reprodução pode ser assexuada, quando não envolve união de gametas (células reprodutivas), ou sexuada, quando envolve união de gametas (óvulo e espermatozoide).

Composição química

Todos os seres vivos são formados por substâncias químicas semelhantes, que podem ser orgânicas ou inorgânicas. As proporções desses elementos são variáveis entre os seres vivos.

a) Substâncias inorgânicas

Formadas por moléculas, em geral pequenas e com poucos átomos.

As principais são:

Substâncias inorgânicas	Percentual aproximado na célula animal	Percentual aproximado na célula vegetal
Água	60%	75%
Sais minerais	4%	2,5%

b) Substâncias orgânicas

Formadas por grandes e complexas moléculas, cujo elemento químico principal é o carbono (C).

As principais são:

Substâncias orgânicas	Percentual aproximado na célula animal	Percentual aproximado na célula vegetal
Proteínas	17%	4%
Lipídios	8%	1%
Carboidratos	6%	13,5%
Vitaminas e outras	2%	1%
Ácidos nucleicos	3%	3%

Metabolismo

É a somatória de todas as atividades químicas que ocorrem em uma célula ou em todo o organismo. São essas reações que permitem a uma célula ou um sistema transformar os alimentos em energia, que será utilizada pelas células para que se multipliquem, cresçam, movimentem-se etc.

O metabolismo divide-se em duas etapas:

- **catabolismo**: quebra das substâncias ingeridas, com liberação de energia e sobra de resíduos.
- **anabolismo**: utilização da energia produzida para reparação, multiplicação, crescimento e demais atividades celulares.

Organização celular

Com exceção dos vírus, que são desprovidos de uma organização celular, todos os demais seres vivos são formados por células. Alguns são formados por uma célula: os **unicelulares** (protozoários, bactérias); e a maioria é composta por muitas células: os **pluricelulares**.

As células possuem a capacidade de se modificar, diferenciando-se entre si e desempenhando diferentes funções.

Grupos de células semelhantes, juntos, formam tecidos; tecidos diferentes formam um órgão, e órgãos se unem, formando sistemas. O conjunto de sistemas forma um organismo.

Homeostase

É a capacidade do organismo de manter em equilíbrio seu meio interno. Um exemplo é a manutenção da temperatura do corpo humano em 36,5 °C, mesmo que a temperatura ambiente seja 15 °C.

Evolução

Conjunto de todos os processos pelos quais os seres vivos passam ao longo do tempo, os quais provocam modificações, podendo dar origem a novas espécies.

Os níveis de organização dos seres vivos

A biodiversidade dos seres vivos em nosso planeta é dividida pelos cientistas em níveis, para melhor entender toda a sua complexidade, desde suas características moleculares até seu comportamento.

Toda matéria orgânica ou inorgânica é formada por **átomos**. Dois ou mais átomos se unem para formar uma **molécula**. Exemplo: átomos de carbono, hidrogênio e oxigênio formam a glicose ($C_6H_{12}O_6$).

- **Células**: são as menores unidades vivas de um ser vivo. Juntas, as células formam tecidos.
- **Tecidos**: se unem para formar um órgão, que geralmente é formado por vários tecidos. Exemplo: olho, coração.
- **Órgãos**: se unem para formar um sistema. Exemplo: sistema digestório, respiratório.
- **Sistemas**: se unem para formar um organismo. Exemplo: ser humano, cachorro.

Os próximos níveis são denominados ecológicos:

- **População**: conjunto de organismos, ou indivíduos, pertencentes à mesma espécie e que habitam a mesma área geográfica, em um determinado tempo.
- **Comunidade**: conjunto de populações diferentes que habitam a mesma área geográfica, em um determinado tempo.
- **Ecossistema**: quando as comunidades estão relacionadas com o meio físico e químico do ambiente e há interação entre eles, dizemos que se trata de um ecossistema. Exemplo: uma lagoa,

pois nela vivem peixes, algas, plantas interagindo com a água, a luz, o oxigênio.

- **Biosfera**: é o conjunto de todos os ecossistemas da Terra onde existe vida.

A origem da vida e a teoria gradual dos sistemas químicos

A preocupação do ser humano em desvendar a origem da vida data de antes de Cristo, tendo sido elaboradas várias hipóteses no decorrer de vários séculos.

Por volta de 1927, os cientistas Oparin e Haldane elaboraram a hipótese mais aceita atualmente, que se baseia nas transformações e alterações da Terra primitiva.

Segundo esses cientistas, a atmosfera primitiva era formada pelos gases: NH_3(amônia); CH_4 (metano); H_2 (hidrogênio) e vapor de água.

Por causa das altas temperaturas, durante um longo período ocorreu evaporação de água da superfície da Terra. A água condensava-se e caía em forma de chuvas.

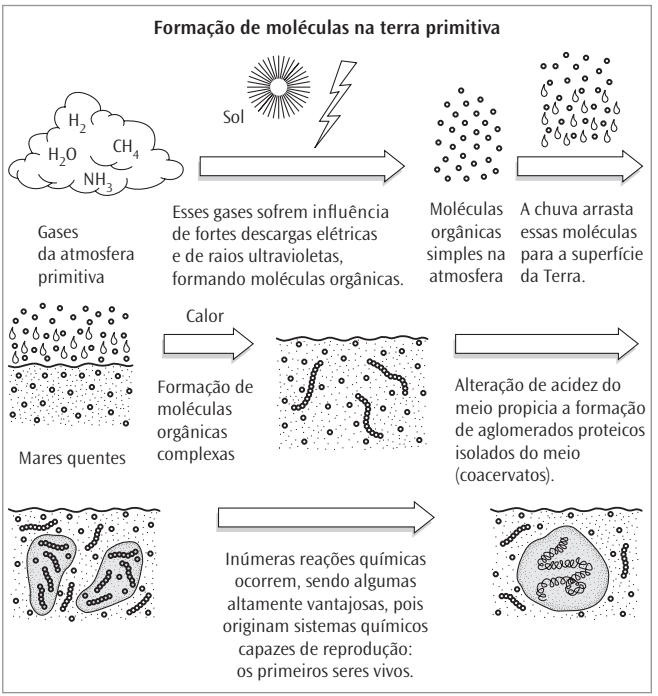
O resfriamento da superfície terrestre permitiu que a água se acumulasse nas depressões deixadas pelas erupções vulcânicas. A água carregava partículas presentes no solo e partículas oriundas da atmosfera para as depressões, originando os mares e oceanos.

Com o passar do tempo, as águas dos oceanos foram se transformando em verdadeiros caldos de substâncias, que seriam os precursores da matéria orgânica.

As partículas foram se aglomerando, dando origem a estruturas maiores: os coacervatos (coacervar = reunir). Esses coacervatos ainda não eram seres vivos, mas aglomerados de substâncias orgânicas.

Oparin e Haldane admitem que os coacervatos deram origem a compostos mais complexos com capacidade de se reproduzir. Desse modo, teria surgido a primeira forma de vida.

Markus Steiger


Formação de moléculas na terra primitiva
H_2
H_2O
CH_4
NH_3
Sol
Gases da atmosfera primitiva
Esses gases sofrem influência de fortes descargas elétricas e de raios ultravioletas, formando moléculas orgânicas.
Moléculas orgânicas simples na atmosfera
A chuva arrasta essas moléculas para a superfície da Terra.
Calor
Mares quentes
Formação de moléculas orgânicas complexas
Alteração de acidez do meio propicia a formação de aglomerados proteicos isolados do meio (coacervatos).
Inúmeras reações químicas ocorrem, sendo algumas altamente vantajosas, pois originam sistemas químicos capazes de reprodução: os primeiros seres vivos.

Moléculas simples encontradas na Terra primitiva são precursoras das moléculas orgânicas complexas.

Experiência de Stanley L. Miller

Utilizando um aparelho formado por um sistema de vidros, Miller misturou os elementos químicos NH_3, CH_4, H_2 e H_2O, simulando a atmosfera primitiva. Com a ação de descargas elétricas, ele simulou os raios que provavelmente atingiram a Terra primitiva. No fim da experiência, Miller verificou que a mistura continha moléculas orgânicas, entre elas aminoácidos, substâncias que formam as proteínas. Essa experiência reforçou, assim, a hipótese gradual dos sistemas químicos de Oparin e Haldane.

A hipótese heterotrófica

Para um ser vivo realizar suas funções e se reproduzir, ele precisa de energia. Essa energia é obtida por meio dos alimentos.

Acredita-se que os primeiros seres vivos eram estruturas simples, viviam em ambientes aquáticos, cercados por matéria orgânica (mares e oceanos primitivos) e incorporavam essa matéria orgânica para produção de energia. Seriam, portanto, seres heterotróficos (incapazes de produzir seus próprios alimentos).

Nas condições atuais da Terra, a transformação dos alimentos em energia ocorre graças às reações com o oxigênio. Supondo que o oxigênio não fazia parte da atmosfera e dos mares primitivos, os primeiros seres vivos conseguiam energia por meio de um processo anaeróbico: a fermentação.

Esses organismos anaeróbicos ou fermentadores reproduziam-se continuadamente, provocando escassez de matéria orgânica. Algumas mutações podem ter acontecido, permitindo a alguns seres utilizar a energia solar como fonte de energia. Surgiram, assim, os primeiros seres autótrofos ou fotossintetizantes, isto é, capazes de produzir seus próprios alimentos por meio da matéria inorgânica: gás carbônico, luz e água.

No processo da fotossíntese ocorreu a liberação de gás oxigênio (O_2) para a atmosfera. Depois disso, surgiu a respiração aeróbica.

A conclusão da hipótese heterotrófica é de que ocorreu primeiramente a fermentação, em seguida a fotossíntese e posteriormente a respiração.

Teorias da abiogênese e da biogênese

Ao longo dos séculos, inúmeras hipóteses têm sido elaboradas, na tentativa de entender se os seres vivos podem surgir da matéria inanimada ou se dependem necessariamente de outro ser vivo.

Por volta do ano 380 a.C., acreditava-se que a vida era gerada a partir da matéria bruta, como por exemplo: do lodo, do lixo, de roupas sujas e amontoadas, do Sol e sob a interferência de forças

vitais. A partir dessa linha de pensamento, surgiu a **teoria da abiogênese** ou **da geração espontânea**, segundo a qual seres vivos podem nascer da matéria inanimada.

Jan Baptist van Helmont (1577 – 1644), médico fisiologista, formulou várias receitas com base na teoria da abiogênese; em uma delas, explicava a origem dos camundongos: "Em um vasilhame qualquer, fechado, misturam-se roupas usadas com suor e trigo; passadas aproximadamente três semanas, o trigo transforma-se em ratos." Hoje, sabe-se que os ratos eram atraídos pela mistura.

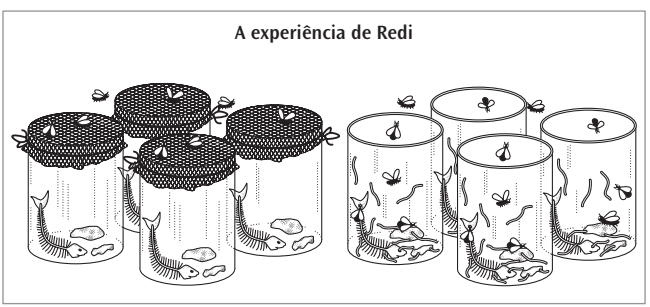
Por volta de 1650, por meio de experimentos, começaram a surgir algumas teorias que combatiam a abiogênese ou geração espontânea, e outras que a defendiam.

A seguir, estão descritas as que mais se destacaram.

1. Francesco Redi (1626 – 1697)

Observando carne contaminada por vermes, Redi elaborou a hipótese de que eles teriam se originado a partir de ovos postos por moscas. Para provar tal raciocínio, colocou carne em oito vidros, mantendo quatro deles abertos e os outros fechados, previamente esterilizados. Após alguns dias, surgiram vermes apenas nos vidros abertos, provando assim que estes não surgiam espontaneamente da carne em estado de decomposição, e sim dos ovos postos pelas moscas.

Markus Steiger



A experiência de Redi mostrou que os vermes da carne em decomposição provêm de ovos de moscas.

2. Por volta de 1750, renasce com Needhan a teoria da abiogênese

Colocando em vários frascos uma sopa nutritiva (legumes, carnes etc.) e tampando os frascos para impedir a entrada do ar, Needhan submeteu os frascos a uma temperatura elevada e os resfriou novamente, na tentativa de matar os micróbios que neles já possivelmente existissem. Passados alguns dias, Needhan pôde ver que os frascos estavam cheios de micróbios novamente. Concluiu então que os micróbios tinham sido gerados espontaneamente.

3. Por volta de 1770, Lazzaro Spallanzani refaz os experimentos de Needhan

Spallanzani ferveu novamente os frascos contendo a sopa nutritiva, por um tempo mais longo, tampando-os, e o caldo não mais apresentou o processo de contaminação.

Needhan combateu Spallanzani, afirmando que, com o superaquecimento, o princípio ativo da vida havia sido eliminado. Spallanzani não conseguiu convencer, prevalecendo a teoria da geração espontânea.

4. Louis Pasteur (1822 – 1895) anula a teoria da abiogênese e definitivamente comprova a teoria da biogênese

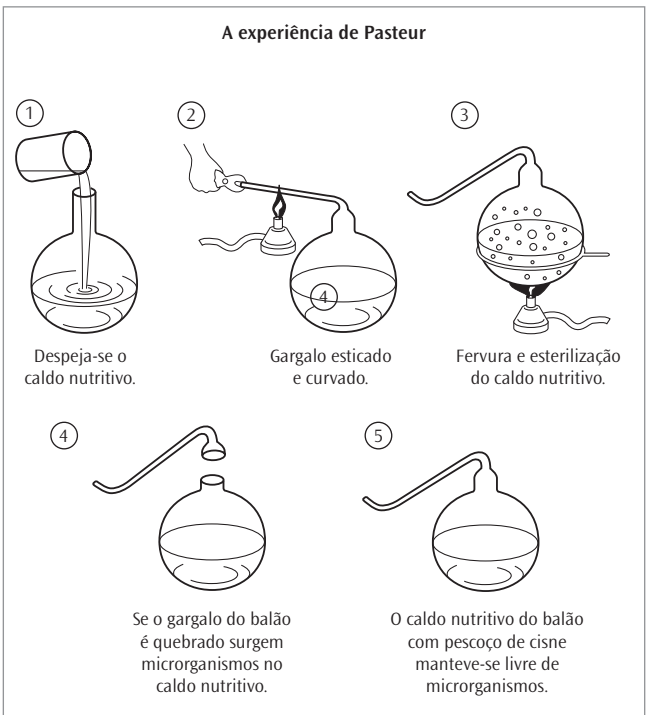
Pasteur realizou uma série de experiências conclusivas com seus famosos frascos de pescoço longo em forma de cisne.

Ele submeteu os frascos com sopas nutritivas a fervura por tempo prolongado. O pescoço fino e comprido dos vasos funcionava como filtro para as partículas e microrganismos que se encontravam em suspensão no ar, impedindo o contato com o caldo.

Pasteur constatou que, após alguns meses, as soluções nutritivas continuavam isentas de qualquer tipo de contaminação. Para provar seu experimento, quebrou o pescoço de um dos frascos: o caldo em contato com o ar foi rapidamente contaminado.

Pasteur colaborou, assim, com a queda da abiogênese, que foi substituída pela teoria da biogênese, a qual se baseia na ideia de que toda vida provém de outra preexistente.

Markus Steiger


A experiência de Pasteur
1
2
3
4
Despeja-se o caldo nutritivo.
Gargalo esticado e curvado.
Fervura e esterilização do caldo nutritivo.
4
5
Se o gargalo do balão é quebrado surgem microrganismos no caldo nutritivo.
O caldo nutritivo do balão com pescoço de cisne manteve-se livre de microrganismos.

Pasteur usou frascos com gargalos longos e retorcidos para derrubar um dos principais argumentos dos abiogenistas: o de que a falta de ar fresco impedia a geração espontânea de micróbios.

Método científico

A ciência tem uma metodologia racional e objetiva para a aquisição do conhecimento. O método científico ordena os procedimentos desde a observação de fatos, formulação de problemas, coleta

de dados, apresentação de hipóteses, seleção de hipóteses não refutadas e formulação de teorias, dividindo-se em várias etapas.

Etapas da metodologia científica

1. Observação de um fato

Os fatos são apresentados pelo mundo e percebidos através dos órgãos dos sentidos, ou deduzidos a partir de seus efeitos.

A ciência procura formular problemas sobre os fatos observados.

2. Formulação de um problema

Os fatos ou fenômenos observados auxiliam a formular problemas científicos que induzem ao raciocínio e à pesquisa, levando-nos a formular hipóteses, a partir do levantamento de dados.

3. Elaboração de uma hipótese

A função de uma hipótese é de explicar os fatos associados a um problema, fornecendo soluções lógicas e acrescentando novas informações.

A hipótese é a construção de um modelo a ser testado.

4. Experimentação da hipótese

As hipóteses são testadas pela experimentação.

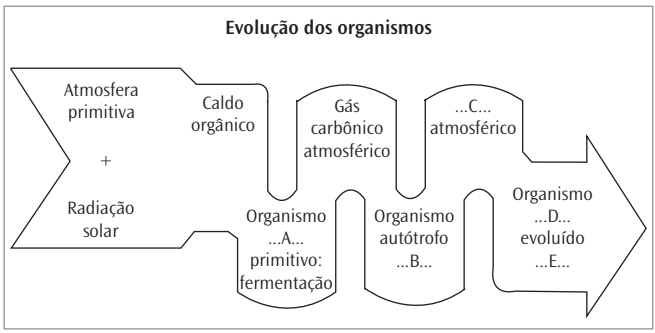
5. Resultado (se a experiência leva ou não à aceitação da hipótese)

Uma hipótese só é válida se sugerir novas ideias, que por sua vez podem ser testadas, aceitas e consideradas como uma teoria.

As teorias são explicações provisórias da realidade. Os fatos científicos são observações que podem ser repetidas e verificadas.

TESTE SEU SABER

1. (FMU-SP) O esquema seguinte representa o período de evolução que vai de cerca de 4,5 bilhões de anos até hoje.



As lacunas A, B, C, D e E devem ser respectivamente preenchidas por:

a) heterotrófico, respiração anaeróbia, nitrogênio, heterotrófico, fotossíntese
b) heterotrófico, fotossíntese, oxigênio, heterotrófico, respiração aeróbia
c) não fotossintetizante, fotossíntese, hidrogênio, animal, respiração aeróbia
d) clorofilado, heterotrófico, oxigênio, heterotrófico, respiração anaeróbia
e) heterotrófico, respiração, gás carbônico, autotrófico, fotossíntese

2. (FMI-MG) Suponhamos que um dos planetas do Sistema Solar tenha, atualmente, as mesmas condições que a Terra primitiva deve ter apresentado antes do aparecimento do primeiro ser vivo. Essas condições podem ser:

I – atmosfera contendo 80% de nitrogênio livre
II – tempestades contínuas e violentas
III – produção e consumo contínuos de CO_2 e O_2
IV – atmosfera contendo vapor de água, metano, amônia e hidrogênio
V – altas temperaturas
VI – presença da camada protetora de ozônio na atmosfera

Das condições enumeradas, são verdadeiras:

a) apenas I, II e VI
b) apenas II, III, IV e V
c) apenas duas das afirmativas
d) apenas II, IV e V

3. (Fuvest-SP) Segundo a teoria de Oparin, a formação de aminoácidos foi o pri-meiro passo no sentido do aparecimento das proteínas, substâncias imprescindíveis para que pudessem surgir os primeiros organismos celulares. Isso se deveu à combinação de vapor de água com diversos gases simples que estavam presentes:

a) nos mares primitivos
b) na atmosfera
c) no solo quente da Terra
d) no interior do globo terrestre
e) no espaço cósmico

4. (UECE) Indique a opção que contém a sequência lógica dos níveis de organização dos seres vivos:

a) organismo-população-comunidade-ecossistema
b) organismo-comunidade-população-ecossistema
c) população-comunidade-organismo-ecossistema
d) população-comunidade-ecossistema-organismo

5. (UFAL) O conjunto de indivíduos de uma espécie que vive numa mesma área geográfica constitui:

a) uma cadeia alimentar
b) uma comunidade
c) uma população
d) uma teia alimentar
e) um ecossistema

6. (Vunesp-SP) Considere a afirmação:

As populações daquele ambiente pertencem a diferentes espécies animais e vegetais.

Explique que conceitos estão implícitos nessa frase se levarmos em consideração:

a) somente o conjunto das populações.
b) o conjunto das populações mais o ambiente abiótico.

7. (UFMT) Cite e explique quatro aspectos que demonstram ser o conhecimento da Biologia importante para o ser humano contemporâneo.

Descomplicando a Biologia

(UFPA) Em 1953, Miller submeteu à ação de descargas elétricas de alta voltagem uma mistura de vapor de água, amônia (NH_3), metano (CH_4) e hidrogênio (H_2). Obteve, como resultado, entre outros compostos, os aminoácidos glicina, alanina, ácido aspártico e ácido aminobutírico. Com base nesse experimento pode-se afirmar que:

(1) Ficou demonstrada a hipótese da geração espontânea

(2) Não se podem produzir proteínas artificialmente; elas provêm necessariamente dos seres vivos

(4) Formam-se moléculas orgânicas complexas em condições semelhantes às da atmosfera primitiva

(8) A vida tem origem sobrenatural, que não pode ser descrita em termos físicos nem químicos

(16) Compostos orgânicos podem se formar em condições abióticas

Dê como resposta a soma dos números das alternativas corretas ( ).

Resolução e comentários

Somas das alternativas corretas: 4 + 16 = 20

A afirmação 1 é incorreta, pois em seu experimento Miller não observou a formação de seres vivos a partir de substâncias "não vivas" ou inorgânicas. Ele observou apenas a formação de aminoácidos e algumas substâncias orgânicas.

A afirmação 2 é incorreta, uma vez que Miller conseguiu sintetizar os aminoácidos de forma artificial.

A afirmação 4 é correta, pois as moléculas orgânicas observadas por Miller foram obtidas por meio de um experimento que simulava as condições que os cientistas acreditam que sejam semelhantes à atmosfera primitiva da Terra.

A afirmação 8 é incorreta, pois Miller usa o método científico para demonstrar que substâncias que compõem os seres vivos podem ser originadas através de reações químicas, em determinadas condições.

A afirmação 16 é correta, pois o experimento demonstra exatamente isso: substâncias orgânicas, como aminoácidos, podem ser originadas em condições abióticas (nas quais não há seres vivos) a partir de compostos inorgânicos, como a água, a amônia e o metano.

2 A célula

O microscópio e a descoberta da célula

Citologia é um dos campos da Biologia que se encarrega de estudar o universo de uma célula. Entretanto, o olho humano não consegue desvendar esse universo sem o auxílio de lentes que o ampliem. Portanto, toda observação da célula microscópica só foi possível a partir de 1590, após a invenção do microscópio pelo holandês Zacharias Janssen, um estudioso e fabricante de lentes.

A célula como unidade viva dos seres vivos tem sido alvo de inúmeras pesquisas no decorrer dos últimos séculos. Por volta de 1665, Robert Hooke, cientista inglês, utilizando um microscópio bastante primitivo, iluminado a vela e que ampliava a imagem cerca de 270 vezes, observou finas lâminas de cortiça e comparou a imagem observada com um favo de mel, ou seja, sequência de pequenas cavidades separadas por delgadas membranas, as quais denominou de células (em latim, diminutivo de *cellar*, que significa espaço fechado).

Na realidade, o que Hooke observou foram pedaços de tecido vegetal morto, e os espaços vazios foram deixados pelas células que morreram, permanecendo as divisões das paredes celulares presentes nas células vegetais.

Em 1833, Robert Brown, botânico escocês, analisando tecido vegetal macerado, verificou que as células possuíam em sua região central um concentrado de substância de forma arredondada que denominou de *núcleo*. Sabe-se hoje que, com exceção das bactérias e algas azuis, todas as demais células possuem núcleo e que o mesmo abriga em seu interior o material genético que é passado de geração para geração.

Antes de prosseguirmos no estudo da evolução das células, vamos analisar alguns tipos de microscópios e sua importância dentro da Biologia, como auxiliar do olho humano.

Robert Hooke Science Center

Desenho de Robert Hooke de seu próprio microscópio, publicado em *Micrographia*, de 1665.

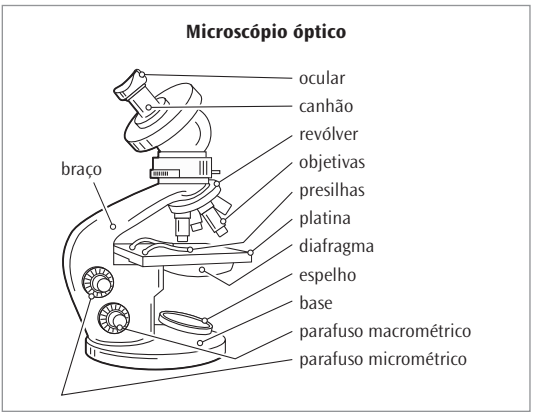
Robert Hooke Science Center

Registro de Robert Hooke sobre suas pesquisas com cortiça sob um microscópio. Esta ilustração apareceu em seu livro *Micrographia*, de 1665.

Microscópio óptico

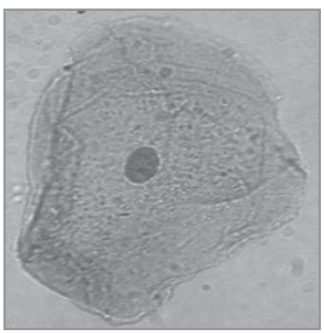
É um instrumento dotado de uma parte óptica: lente ocular, lentes objetivas, espelho, condensador e diafragma. Também possui uma parte mecânica: base, coluna ou braço, canhão, revólver, platina, parafusos (micrométrico e macrométrico) que ajustam a imagem observada. As lentes objetivas e ocular são marcadas com números, que significam o seu poder de ampliação. Para sabermos quantas vezes o objeto observado está ampliado, basta multiplicar o número da lente objetiva pelo número da lente ocular. Exemplo: objetiva 100 x ocular 10, a ampliação é de 1.000 vezes. Pode-se observar células vivas ou mortas. A unidade de medida utilizada no microscópio óptico é o μm (micrômetro), que equivale à milésima parte de um milímetro (0,001 mm).

Markus Steiger



Atualmente, existem microscópios ópticos com poder de resolução de até 2.000 vezes.

Division of Biological Sciences/University of Montana

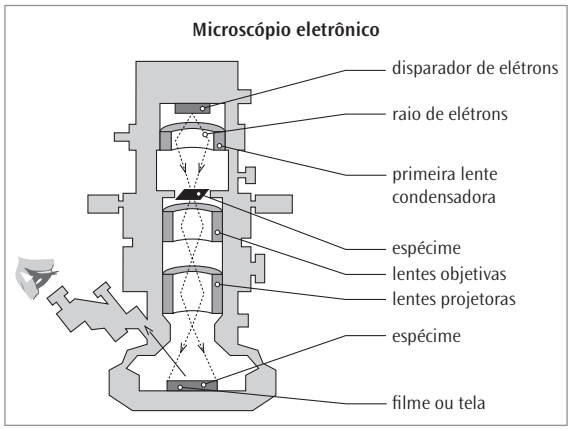


Célula observada ao microscópio óptico.

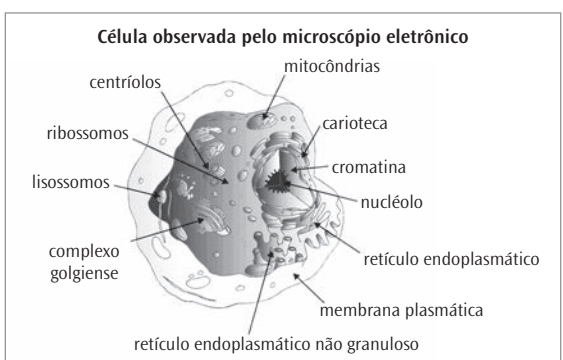
Microscópio eletrônico

A partir de 1950, sua utilização provocou avanços revolucionários na Biologia devido ao alto potencial de ampliar os objetos – mais de 500 mil vezes. A unidade de medida utilizada no microscópio eletrônico é o Å (ângstron), que equivale à décima milionésima parte de um milímetro (0,0000001 mm).

Ivan Coutinho



Ivan Coutinho



Teoria celular

Em 1838, depois de longas e demoradas pesquisas, o botânico alemão Matthias Schleiden observou a presença de células em vegetais.

Em 1839, o zoólogo alemão Theodor Schwann concluiu que os animais eram formados por células, estabelecendo-se assim a

teoria celular de Schwann e Schleiden, segundo a qual "todos os seres vivos são formados por células".

Em 1858, o médico alemão Rudof Virchow concluiu que "toda célula tem sua origem em outra preexistente".

No decorrer do século XIX, com o avanço da microscopia, foi possível visualizar as organelas citoplasmáticas, assim como identificar suas funções específicas.

Sendo a célula a menor unidade viva, com capacidade de realizar inúmeras funções, tais como respiração, digestão, circulação, excreção, transporte e transmissão do material genético, passou a ser definida como a "unidade morfológica e fisiológica que forma todos os seres vivos".

Com os conhecimentos adquiridos sobre a célula, foi posssível formular a Nova Teoria Celular:

- Todos os seres vivos são formados por células.
- As reações que ocorrem em um organismo e que são responsáveis pela sua vida dependem do funcionamento das células. Portanto, a célula é a unidade fisiológica de todos os seres vivos.
- Toda célula tem sua origem a partir de outra célula preexistente, que se divide, fornecendo às células filhas seu material genético.

Células procarióticas e células eucarióticas

Se compararmos as imagens observadas ao microscópio eletrônico da célula que representa o corpo de uma bactéria com as células que formam o corpo de um animal qualquer, vamos notar que a célula da bactéria, quanto a sua organização, é muito mais simples e não apresenta o núcleo diferenciado.

A cromatina que forma o material genético encontra-se espalhada pelo citoplasma, na região central da célula, e também dis-

persos pelo citoplasma são encontrados os ribossomos, orgânulos citoplasmáticos responsáveis pela síntese de proteínas.

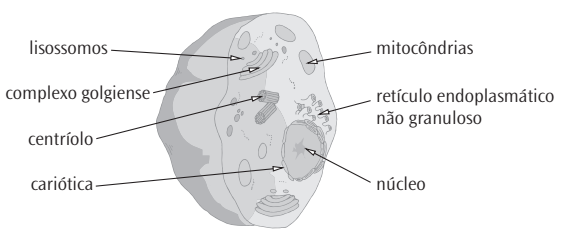
Um conjunto de membranas envolve todo esse material: por fora a membrana esquelética, mais espessa e resistente, e sob ela a membrana plasmática.

Por não possuir a membrana nuclear ou carioteca, que separa o material genético do citoplasma, as bactérias e as algas azuis (ciano bactérias) são denominadas procariontes (*proto* = primeiro, primitivo, *karyon* = núcleo), que não têm o núcleo diferenciado.

Todos os demais seres vivos, com exceção dos vírus, que são acelulares, são denominados **eucariontes** (*eu* = verdadeiro, *karyon* = núcleo), seres que possuem o núcleo diferenciado, ou seja, o material genético encontra-se delimitado no citoplasma pela carioteca.

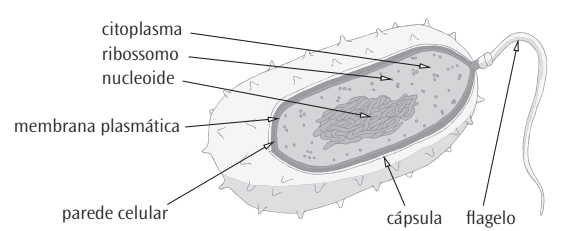
Ivan Coutinho

Esquema de uma célula animal



Ivan Coutinho

Esquema de uma bactéria



Células animais e células vegetais

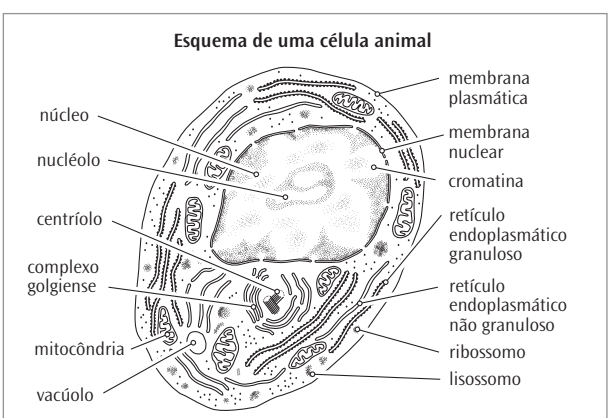
Célula animal

Ao observarmos uma célula animal ao microscópio eletrônico, percebemos a presença de uma fina membrana envolvendo todos os componentes da célula e separando o meio interno do externo; é a membrana plasmática ou membrana celular que, por ser semipermeável, permite trocas de materiais entre a célula e o meio que a cerca.

Preenchendo a célula, há um material de consistência viscosa denominado citoplasma ou hialoplasma, onde ocorrem as funções vitais da célula, tais como: digestão, respiração, transportes etc. É no citoplasma que se encontram mergulhadas as organelas e um vasto sistema de membranas.

As principais organelas são: ribossomos, retículo endoplasmático, complexo golgiense, mitocôndrias, lisossomos, centríolos.

Markus Steiger



Localizado geralmente na parte central das células eucariontes, o núcleo é separado do citoplasma pela carioteca ou membrana nuclear. O núcleo é preenchido por uma substância denominada suco celular ou cariolinfa, semelhante ao citoplasma. Mergulhado

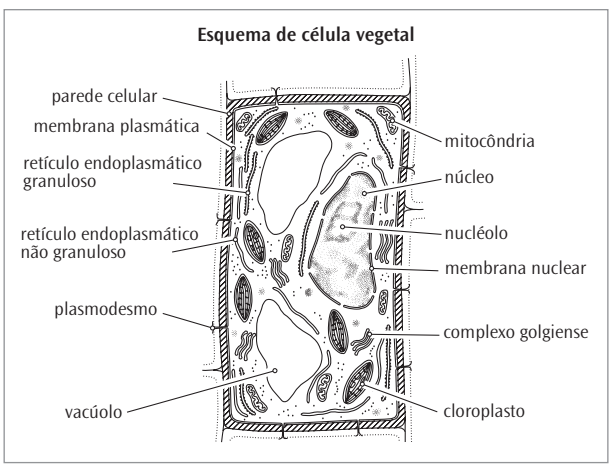
no suco celular, encontra-se a cromatina (material genético) e os nucléolos, que estão relacionados com a produção de ribossomos.

Célula vegetal

Com exceção dos centríolos, a célula vegetal possui todos os componentes da célula animal, e ainda apresenta um envoltório externo à membrana celular, denominado membrana celulósica ou parede celular. O citoplasma da célula vegetal apresenta grandes vacúolos: cavidades limitadas por membranas, contendo no seu interior o suco vacuolar com reservas de água e outras substâncias.

São também encontradas nas células vegetais as organelas denominadas **plastos**, cuja função é armazenar substâncias, tais como o amido, ou pigmentos, como os cloroplastos, que armazenam o pigmento verde denominado clorofila responsável pela fotossíntese.

Markus Steiger



Composição química da célula

As substâncias inorgânicas como a água e os sais minerais são constituídas por moléculas simples e pequenas e podem

ser encontradas livres na natureza ou fazendo parte de um organismo.

Já as substâncias orgânicas, tais como: carboidratos, lipídios, proteínas – são constituídas por grandes e complexas moléculas que, obrigatoriamente, possuem em sua composição o elemento químico carbono (C) e são encontradas em todos os seres vivos.

Componentes inorgânicos

Água

Recobrindo ¾ da superfície terrestre, a água é a substância química mais abundante em nosso planeta.

As principais funções da água em um organismo são:

- **Dispersar substâncias**: a água dispersa substâncias orgânicas e inorgânicas. Todas as reações químicas da natureza biológica ocorrem em estado de solução.
- **Transportar substâncias**: tanto de dentro para fora como de fora para dentro das células, as moléculas se difundem na água e por ela são transportadas.
- **Equilíbrio térmico**: o excesso de calor pode ser dissipado pelo suor, ajudando na manutenção da temperatura interna de um ser homeotérmico.
- **Lubrificar**: ajuda a diminuir o atrito entre os ossos (nas articulações).

Sais minerais

- **Solúvel**: dissolvido na água em forma de íons, como o potássio (K^+), o sódio (Na^+) e o cloro (Cl^-), participam do controle osmótico (entrada e saída de H_2O nas células) e também contribuem para a passagem dos impulsos nervosos nos neurônios.
- **Insolúvel**: encontra-se imobilizado, como os fosfatos de cálcio que fazem parte da estrutura esquelética dos vertebrados, da casca de ovo, do exoesqueleto ou carapaças de insetos,

crustáceos etc., conferindo maior rigidez aos órgãos em que se encontram.

Vejamos o papel biológico de alguns sais minerais.

Sais minerais na forma de íons	Papel biológico (funções)
Cálcio (Ca^{++})	Participa das contrações musculares, da coagulação do sangue e da formação dos ossos e dentes.
Sódio (Na^{+}) e Potássio (K^{+})	Propicia equilíbrio dos líquidos no organismo (estabilidade da pressão osmótica das células).
Ferro (Fe^{++})	Faz parte da hemoglobina, que é uma proteína fundamental no transporte de oxigênio e na respiração.
Magnésio (Mg^{++})	Faz parte da molécula da clorofila, indispensável para a realização da fotossíntese.
Fósforo (P^{++})	Importante na transferência de energia dentro das células.

Componentes orgânicos

Glicídios ou carboidratos

Também conhecidos como açúcares, os glicídios são os grandes fornecedores imediatos de energia para os seres vivos. São fabricados pelas plantas no processo da fotossíntese e apresentam em suas moléculas átomos de carbono (C), hidrogênio (H) e oxigênio (O).

Além de fornecedores de energia, os glicídios possuem também função estrutural, como a celulose, encontrada no revestimento das células vegetais, na constituição dos ácidos nucleicos (material genético).

Os glicídios são classificados em três grupos:

1. **Monossacarídios**: são os açúcares mais simples, formados por pequenas moléculas que não se dividem na presença de água, portanto, não sofrem hidrólise. Os exemplos mais comuns encontrados nos organismos vivos são: **glicose** (produzido

pelos vegetais na fotossíntese), **frutose** (encontrado nas frutas doces), **galactose** (encontrado no leite), **ribose** e **desoxirribose** (componentes dos ácidos nucleicos).

2. **Dissacarídios**: são glicídios constituídos pela união de dois monossacarídios. Quando ingerimos dissacarídios ou polissacarídios, nosso sistema digestório os transforma em monossacarídios para que estes possam fornecer energia para a célula.

   Todos os dissacarídios têm função energética e os principais são:

   - **Sacarose**: glicose + frutose. Suas principais fontes são: a cana-de-açúcar e beterraba.
   - **Lactose**: glicose + galactose. Sua principal fonte é o leite.
   - **Maltose**: glicose + glicose. Suas principais fontes são: raízes, caule, folhas dos vegetais.

3. **Polissacarídios**: os polissacarídios são moléculas grandes, constituídas por ligação de muitos monossacarídios. Os polissacarídios não são solúveis em água, alguns são reservas de energia, como o amido, outros fazem parte da estrutura esquelética da célula vegetal, como a celulose. Os principais polissacarídios são:

   - **Amido**: formado por inúmeras moléculas de glicose, é encontrado nos vegetais e funciona como reserva de energia.
   - **Celulose**: formado por inúmeras glicoses, reveste externamente as células vegetais, funcionando como reforço esquelético.
   - **Glicogênio**: formado por inúmeras glicoses, é encontrado nos animais e funciona como reserva de energia.

Lipídios

Substâncias orgânicas de origem animal ou vegetal, mais conhecidos como óleo, gordura e cera. Alguns tipos de lipídios funcionam como reservatório de energia, outros entram na composição das membranas celulares ou ainda formam hormônios.

Os lipídios possuem como característica comum o fato de serem insolúveis em água e solúveis em solventes orgânicos como o éter, o álcool e a benzina.

Os lipídios são classificados em três grupos:

1. **Glicerídios**: são os lipídios simples. Compreendem os óleos, as gorduras e as ceras, podendo ter origem animal ou vegetal.
   As gorduras são reservatórios de energia e também isolantes térmicos, principalmente para os animais de regiões frias. Os óleos presentes nas sementes de girassol, da soja e do amendoim, por exemplo, são fonte de energia para o embrião das sementes germinar. As ceras impermeabilizam as folhas de muitas plantas e são fabricadas pelas abelhas, que constroem os favos de mel.
2. **Fosfolipídios**: presentes na composição química das membranas celulares dos animais e vegetais.
3. **Esteroides**: o mais conhecido é o colesterol. Produzido pelos animais, faz parte da composição química de suas membranas celulares e é precursor de alguns hormônios, como a testosterona (hormônio masculino) e a progesterona (hormônio feminino).

Proteínas

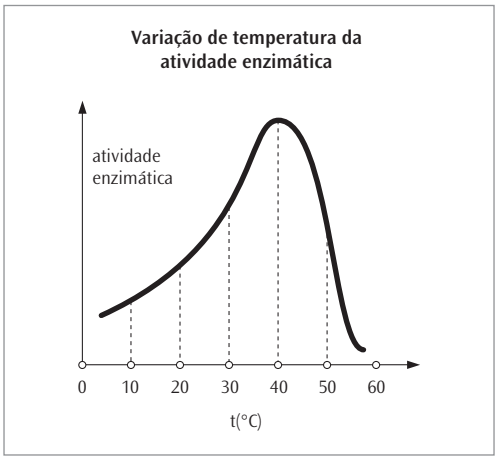
São os compostos orgânicos presentes em maior percentual no organismo dos seres vivos, inclusive nos vírus, que são desprovidos de estrutura celular. As proteínas são macromoléculas resultantes de uma sequência de ligações entre moléculas menores, denominadas aminoácidos.

As principais funções das proteínas são:

- **Função construtora**: Atua como suporte mecânico para células e tecidos, fazendo parte, juntamente com os lipídios, da composição das membranas celulares. Exemplo: o colágeno, proteína que confere resistência às células da pele, dos tendões, das cartilagens etc.

- **Função motora**: Permite os movimentos em células e tecidos. Exemplo: a miosina, proteína que confere elasticidade aos músculos; a cinesina, proteína que interage com os microtúbulos, permitindo a movimentação das organelas no interior das células.
- **Função de transporte**: Transporta pequenas moléculas no interior do organismo. Na circulação sanguínea a proteína albumina transporta lipídeos, e a proteína hemoglobina transporta oxigênio.
- **Função de armazenamento**: Responsável pelo armazenamento de pequenas moléculas. O ferro é armazenado no fígado, ligado à proteína ferritina.
- **Função de defesa**: Antígenos são substâncias estranhas ao nosso organismo. A presença de um antígeno no organismo induz o sistema imunológico a produzir proteínas de defesa, denominadas anticorpos.
- **Função hormonal**: Alguns hormônios são de origem proteica. Por exemplo, a insulina, hormônio produzido no pâncreas, cuja função é de controlar a manutenção da taxa de açúcar no sangue.
- **Função energética**: As proteínas são fontes de aminoácidos, que, uma vez oxidados no organismo, liberam energia, principalmente no processo da respiração.
- **Função enzimática:** Dentro das células ocorrem muitas reações químicas. Para que elas aconteçam é necessário energia. Em alguns casos, não há energia suficiente para a ocorrência da reação química e se faz necessária a presença de um catalisador (substância que desencadeia ou acelera reações químicas). Os catalisadores das células são um tipo de proteína especial chamada enzima. As atividades enzimáticas dependem da temperatura e do pH.

Markus Steiger

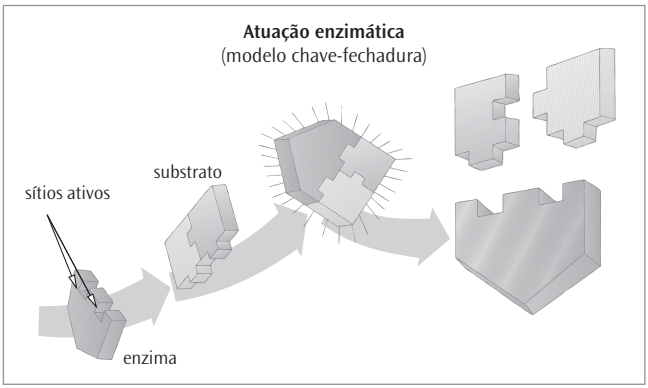


Analisando o gráfico da página anterior verifica-se que a 0 °C de temperatura as enzimas se encontram pouco ativas. À medida que aumenta a temperatura, a atividade enzimática também aumenta, chegando ao ponto ótimo de 40 °C. Acima disso, a atividade enzimática vai diminuindo, até que, por volta de 60 °C, ocorre desnaturação das enzimas (o calor provoca mudanças espaciais na proteína, o que provoca a perda de sua função). Quanto ao pH (nível de acidez do meio), cada enzima atua em um específico. Exemplo: a pepsina – enzima do suco estomacal – é ativa somente em pH ácido, ou seja, por volta de 2; a ptialina – enzima da saliva – é atuante somente em um pH neutro, ou seja, por volta de 7.

Atuação enzimática ou modelo chave-fechadura

Cada tipo de enzima consegue catalisar um único tipo de substrato (substância reagente). O encaixe da enzima no substrato assemelha-se ao sistema chave-fechadura. Após a ocorrência da reação, as enzimas deixam o substrato intactas, podendo atuar em outros substratos.

Ivan Coutinho



Este modelo explica a especificidade das enzimas.

Vitaminas

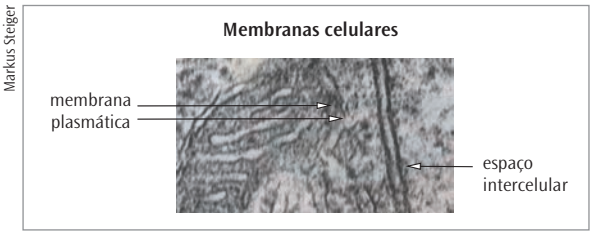
São substâncias orgânicas sintetizadas pelos vegetais e por alguns seres unicelulares que funcionam como ativadores das enzimas. As vitaminas diferem entre si na composição química, formando um grupo heterogêneo.

Para classificar esse grupo, foi usado o grau de solubilidade em lipídios (lipossolúveis), que são: **A**, **D**, **E** e **K**, e as solúveis em água (hidrossolúveis), que são: **C** e o complexo **B** (**B_1**, **B_2**, **B_3**, **B_6** e **B_{12}**).

Estrutura da célula

Membrana celular

Separando, protegendo e delimitando o meio interno e o externo, as células possuem a membrana plasmática. Esta também possui permeabilidade seletiva, isto é, permite que as substâncias necessárias ao funcionamento das células sejam selecionadas e transportadas para o seu interior ou jogadas para fora, quando não necessárias. É o intercâmbio do meio interno com o externo.



Estrutura e permeabilidade da membrana

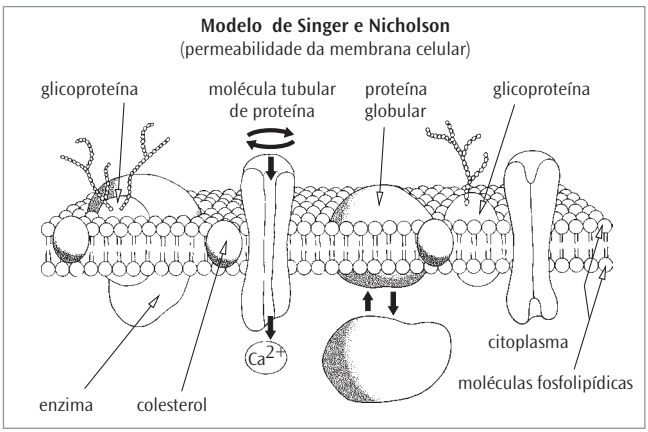
Somente a partir do uso do microscópio eletrônico é que foi possível identificar as estruturas e funções das membranas celulares. Até então, sua existência era apenas suposta, pois não são visíveis ao microscópio óptico.

As primeiras imagens obtidas das membranas permitem identificar uma estrutura formada por três camadas: duas de fosfolipídios intercaladas por uma de proteína, concluindo-se, portanto, que sua composição é lipoproteica. Por meio de estudos mais recentes sobre as membranas, pôde-se constatar que as camadas lipídicas encontram-se em estado fluido, e as moléculas proteicas se encontram encaixadas nesse suporte lipídico.

Devido à maleabilidade das camadas lipídicas, as proteínas deslocam-se por ela com grande facilidade. A essa nova concepção de estrutura da membrana, proposta por S. J. Singer e G. Nicholson (1972), deu-se o nome de **mosaico fluido**.

Transporte de substâncias através da membrana

Ivan Coutinho



Por possuir permeabilidade seletiva, a membrana celular permite que substâncias entrem e saiam da célula, conforme suas necessidades.

Mas nem todos os processos de transporte pela membrana se processam da mesma forma.

Analisaremos, a seguir, os diversos processos que ocorrem.

Difusão (Transporte passivo)

Difusão simples é a dispersão ou o deslocamento espontâneo de partículas. Na difusão, as partículas tendem a movimentar-se da região de maior concentração de partículas para a região de menor concentração. Esse processo não consome energia e termina quando as concentrações se igualam.

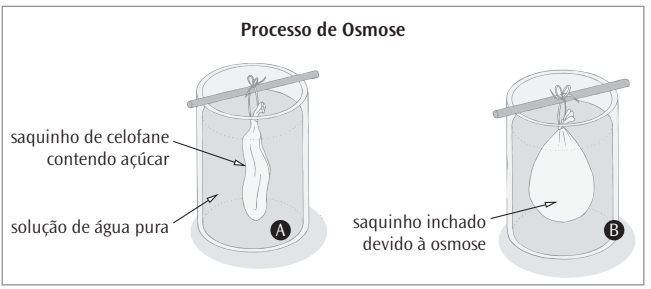
A entrada de gás oxigênio (O_2) e a saída de gás carbônico (CO_2) em nossas células se dá por difusão, devido à concentração diferenciada desses gases entre o líquido que banha as células e o seu interior. E por não consumir energia a difusão é considerada um tipo de transporte passivo.

Diz-se difusão facilitada quando a passagem de substância sem gasto de energia é acelerada pela ação de proteínas (permeases).

Osmose (Transporte passivo de solvente)

Outro tipo de transporte passivo, a osmose, permite o transporte de solvente (água) e não do soluto. Através de uma membrana semipermeável, o solvente passa do local de menor concentração do soluto para o de maior concentração.

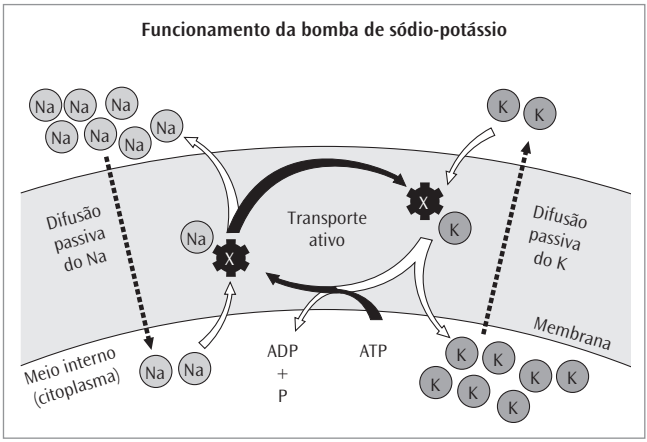
Ivan Coutinho



- Quando a solução apresentar maior concentração de soluto em relação ao meio, dizemos que a solução é **hipertônica**.
- Quando a solução apresentar menor concentração de soluto em relação ao meio, dizemos que a solução é **hipotônica**.
- Quando a solução entrar em equilíbrio com o meio, diz-se que a solução é **isotônica**.

Transporte ativo (com consumo de energia)

Ivan Coutinho



Determinadas substâncias, mesmo existindo em menor quantidade fora da célula, tendem a entrar nela, contrariando os princípios da difusão. Esse fenômeno é comum em nossas hemácias. Nessas células, a concentração de íons potássio (K^+) é maior do que no plasma sanguíneo, onde as hemácias estão submersas. Por outro lado, há íons sódio (Na^+) no plasma em maior concentração do que no interior das hemácias. As diferenças de concentração desses elementos químicos mantêm-se inalteradas, mesmo ocorrendo difusão, e, para que essa situação se mantenha, algumas proteínas da membrana funcionam como verdadeiras carregadoras de substância, bombeando constantemente o K^+ (potássio) para o interior das hemácias e o Na^+ (sódio) para fora delas. São as chamadas bombas de sódio e potássio. Por ocorrer contra um gradiente de concentração, provoca gasto de energia, sendo, portanto, transporte ativo.

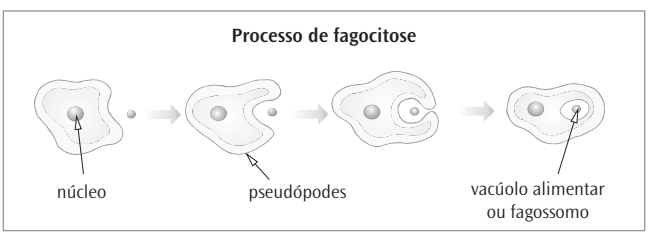
Transporte de partículas

- **Endocitose**: algumas células possuem a propriedade de capturar partículas grandes que não conseguem atravessar a membrana do meio externo. São incorporadas pela célula por meio do processo de endocitose (*endo* = interior, *cito* = célula, *ose* = condição).

  Conhecem-se dois tipos de endocitose: a **fagocitose** (*fago* = comer) e a **pinocitose** (*pino* = beber).
- **Fagocitose**: a célula engloba partículas por meio de projeções citoplasmáticas denominadas pseudópodes (falsos pés). Depois de ingerido, o material permanece no citoplasma, envolvido por parte da membrana, recebendo o nome de fagossomo.

A fagocitose é comum nos seres unicelulares – exemplo: a ameba, quando captura alimentos – e por glóbulos brancos do nosso sangue, como meio de defesa, englobando partículas estranhas ao nosso corpo.

Ivan Coutinho



- **Pinocitose**: ingestão de partículas líquidas; exemplo: gotas de lipídios pela invaginação da membrana.

Citoplasma

Ocupando o espaço entre a membrana celular e a carioteca, nos seres eucariontes, encontra-se o citoplasma.

Constituído de 85% de água, sais minerais, proteínas e açúcares, é no citoplasma que ocorrem as reações químicas, realizadas por organelas aí presentes, e que são fundamentais para a vida da célula.

O citoplasma não se encontra inerte, e sim em constante movimento, denominado **ciclose**.

Analisaremos a seguir as organelas principais.

Retículo endoplasmático

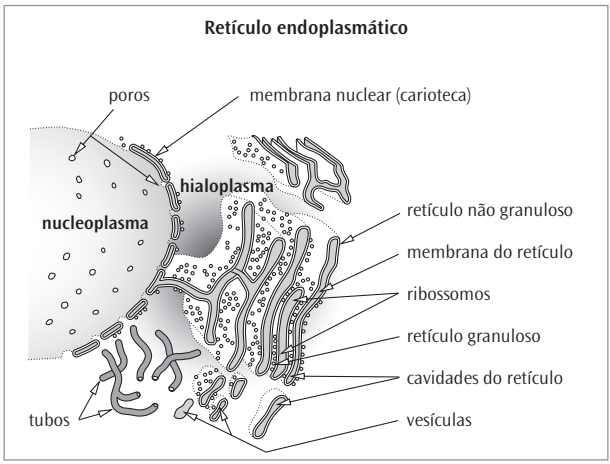
Ao microscópio eletrônico, apresenta-se como uma verdadeira rede de canais e bolsas membranosas e achatadas. Em algumas regiões, essas membranas apresentam uma característica rugosa devido à aderência dos ribossomos, que são responsáveis pela síntese de proteínas. A presença ou ausência de ribossomos permite distinguir dois tipos de retículo endoplasmático: granuloso, também chamado de ergastoplasma, e não granuloso.

As principais funções do retículo endoplasmático são:

- **Transporte**: no interior dos canais circulam proteínas, lipídios e outros materiais, que são transportados por toda a célula.
- **Armazenamento**: a dilatação de canais do retículo endoplasmático dão origem aos vacúolos nas células vegetais, nos quais são armazenadas determinadas soluções.
- **Regulação da pressão osmótica**: o armazenamento de substâncias internas pode favorecer a osmose. Realiza síntese de lipídios, principalmente os esteroides.

As funções praticamente são as mesmas tanto no retículo endoplasmático liso como no retículo endoplasmático granuloso. O retículo endoplasmático granuloso aparece com maior frequência nas células produtoras de enzimas, como é o caso das células do pâncreas, que produzem enzimas digestivas. Isso ocorre devido à proximidade com os ribossomos.

Markus Steiger

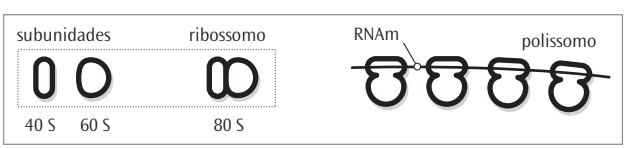


Ribossomos

São as organelas produtoras de proteínas.

Possuem em sua composição molecular RNA ribossômico e proteínas. São encontrados livres pelo citoplasma ou aderidos às membranas do retículo endoplasmático granuloso. São constituídos por duas subunidades.

Markus Steiger



Complexo golgiense

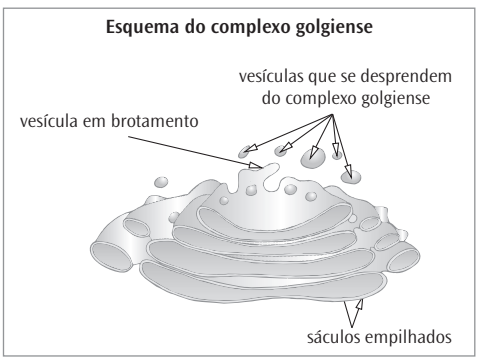
É constituído por um conjunto de bolsas achatadas, empilhadas umas sobre as outras, de onde se desprendem pequenas vesículas.

As principais funções do complexo golgiense são:

- Armazenar substâncias produzidas pela célula e encaminhar essas substâncias para fora dela. A esse processo de eliminação de substâncias dá-se o nome de **secreção celular**.

- Participar da composição do acromosso (cabeça do espermatozoide), célula reprodutora masculina. O complexo golgiense presente nas células do acromosso contém enzimas digestivas que irão perfurar a membrana do óvulo, célula reprodutora feminina, permitindo a fecundação.
- Originar os lisossomos, pequenas bolsas cheias de enzimas, a partir das vesículas eliminadas das bordas do complexo golgiense.

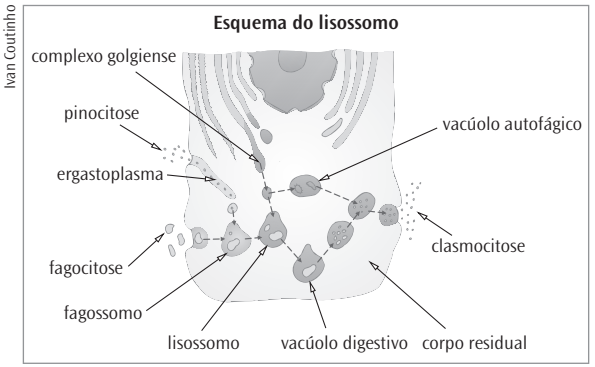
Ivan Coutinho


Esquema do complexo golgiense
vesículas que se desprendem do complexo golgiense
vesícula em brotamento
sáculos empilhados

Lisossomos

Pequenas bolsas repletas de inúmeros tipos de enzimas, responsáveis pela digestão intracelular, e que em alguns casos digerem elementos da própria célula (autofagia).

Os lisossomos se originam do despreendimento de vesículas do complexo golgiense. As enzimas digestivas são sintetizadas no retículo endoplasmático granuloso, armazenadas no complexo golgiense e liberadas dentro de vesículas – os lisossomos primários.



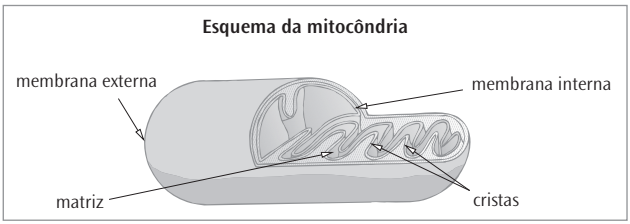
As substâncias englobadas pela célula, por meio dos processos de fagocitose e pinocitose, formam no interior da célula o fagossomo, que se funde aos lisossomos, dando origem ao vacúolo digestivo ou lisossomo secundário. No interior do vacúolo, a substância é digerida. A parte aproveitável é absorvida e a não aproveitável é eliminada pelo processo da clasmocitose ou exocitose.

Mitocôndrias

Organelas geradoras de energia, de forma ovalada, constituídas de dupla membrana lipoproteica. A membrana externa é lisa e contínua, e a interna apresenta pregas, formando as cristas mitocondriais. Preenchendo os espaços e entre as pregas, encontra-se uma substância amorfa, denominada matriz. A presença de ribossomos – DNA e RNA – na matriz permite às mitocôndrias produzir suas próprias proteínas e apresentar capacidade de autoduplicação.

No interior das mitocôndrias, ocorre a oxidação final das moléculas orgânicas obtidas dos alimentos ingeridos, com liberação de energia, na presença do oxigênio (respiração aeróbica).

Ivan Coutinho



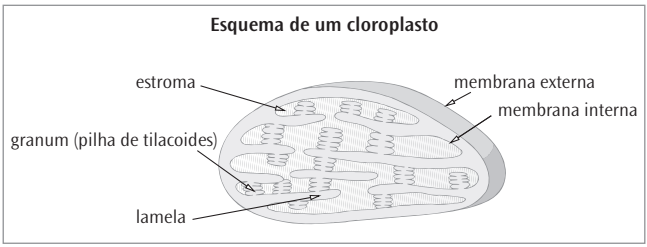
Plastos

Organelas ovaladas, típicas das células vegetais e de alguns protistas, como nas diatomáceas e euglenófitas (algas unicelulares). Os plastos, dependendo da função e dos pigmentos que apresentam, podem ser classificados em:

- **Leucoplastos**: plastos incolores com função de armazenar reservas de alimentos.
- **Cromoplastos**: plastos coloridos. Dependendo da cor do pigmento, os cromoplastos podem ser classificados em:
  - **Xantoplastos**: plastos com pigmentos carotenoides de cor amarela. Exemplo: o amarelo do milho.
  - **Eritroplastos**: plastos com grande quantidade de pigmentos carotenoides de cor vermelha. Exemplo: o vermelho do tomate.
- **Cloroplastos**: são mais frequentes nas células vegetais. De forma ovoide, dotado de dupla membrana lipoproteica, a externa é lisa e contínua e a interna apresenta dobras, que se dispõem paralelamente, como se fossem lâminas. A parte interna das dobras recebe o nome de **lamela**. Sobre as lamelas encontram-se minúsculas bolsas achatadas empilhadas uma sobre a outra como se fossem moedas, denominadas **tilacoides**. Cada pilha de tilacoide recebe o nome de **granum**. Aderidas às membranas das tilacoides estão as moléculas de clorofila, que captam a luz solar, fundamental no processo da fotossíntese. O espaço interno dos cloroplastos são preenchidos por um líquido

denominado estroma ou matriz do cloroplasto, contendo DNA, enzimas e ribossomos.

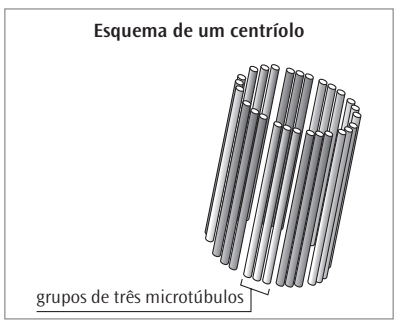
Ivan Coutinho



Centríolos

Estruturas constituídas por dois cilindros. Cada cilindro é formado por nove conjuntos de três microtúbulos.

Ivan Coutinho



Os centríolos estão presentes na grande maioria dos seres eucariontes e ausentes nas angiospermas e gimnospermas.

Sua função está relacionada ao processo de orientação da divisão celular.

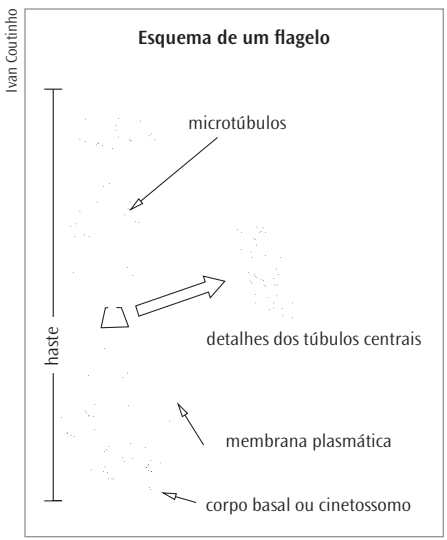
Cílios e flagelos

Expansões móveis da superfície da célula. Os cílios e os flagelos diferem em número e tamanho.

Os cílios são curtos e numerosos, e os flagelos são longos e em pequeno número.

São encontrados em seres unicelulares e em algumas células de organismos pluricelulares.

A estrutura interna dos cílios e flagelos é a mesma, ou seja, formados por nove pares periféricos de microtúbulos e um par de microtúbulos central.



Vacúolos

São cavidades presentes no citoplasma, delimitadas por membrana proteica. Podemos distinguir três tipos:

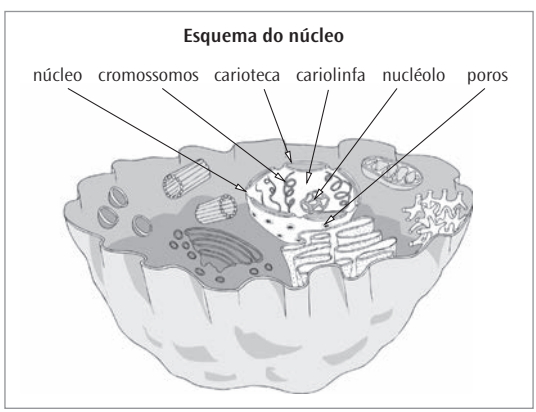
- **Vacúolo digestivo**: formado a partir do acoplamento de um lisossomo com partículas englobadas pelo processo da fagocitose ou pinocitose.

- **Vacúolos pulsáteis ou contráteis**: encontrados em protozoários de água doce, que, por serem hipertônicos em relação ao meio, a água entra por osmose. O excesso de água tem de ser transferido para fora, sob pena de romper a célula.
- **Vacúolo vegetal**: ocupando grande parte do citoplasma da célula vegetal adulta, tem por função armazenar água, sais, açúcares e pigmentos.

Núcleo

Presente nas células eucariontes, é constituído dos seguintes elementos: cariolinfa, cromatina e nucléolos. Todos esses elementos encontram-se envolvidos e separados do citoplasma pela carioteca ou membrana nuclear.

Ivan Coutinho



Carioteca

A carioteca separa o material genético do citoplasma. Ela é constituída por uma membrana dupla e lipoproteica, semelhante às demais membranas. Apresenta poros, através dos quais ocorrem trocas de substâncias entre o núcleo e o citoplasma. A membrana

mais externa comunica-se com o retículo endoplasmático granuloso.

Cariolinfa ou nucleoplasma

Solução aquosa que preenche o núcleo, onde se encontram mergulhados os cromossomos e nucléolos.

Cromatina

Conjunto de filamentos constituídos por DNA e proteínas, que, quando observados ao microscópio eletrônico, apresentam dois tipos básicos:

- **Heterocromatina**: porção menos ativa e bem visível, forma os cromossomos no processo da divisão celular.
- **Eucromatina**: menos condensada, portanto menos visível. É uma região molecular de DNA mais ativa, em que os genes estão orientando a síntese de RNA e proteínas.

Nucléolo

Corpúsculo denso, constituído por proteínas e RNA ribossômico, presente no núcleo interfásico das células eucariontes, cuja função é sintetizar os ribossomos.

Sendo a cromatina constituída por DNA e proteínas, material químico dos genes, em que se localizam as matrizes das proteínas que serão fabricadas, o núcleo é considerado o centro de controle da célula, é ele que comanda o seu funcionamento.

Teste seu saber

1. (Fuvest-SP) No texto a seguir, reproduzido do livro *Descobertas acidentais em ciências*, de Royston M. Roberts (Editora Papirus, Campinas, São Paulo, 1993), algumas frases referentes a etapas importantes na construção do conhecimento científico foram grifadas e identificadas por um numeral romano.

"Em 1889, em Estrasburgo, então Alemanha, enquanto estudavam a função do pâncreas na digestão, Joseph Von Merling e Oscar Minkowshi removeram o pâncreas de um cão. No dia seguinte, um assistente de laboratório chamou-lhe a atenção sobre o grande número de moscas voando ao redor da urina daquele cão. (I) Curioso sobre por que as moscas foram atraídas à urina, analisaram-na e observaram que esta apresentava excesso de açúcar. (II) Açúcar na urina é um sinal comum de diabetes. Von Merling e Minkowshi perceberam que estavam vendo pela primeira vez a evidência da produção experimental em um animal. (III) O fato de tal animal não ter pâncreas sugeriu a relação entre esse órgão e a diabetes. [...]

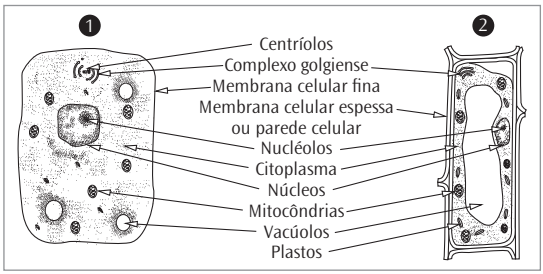
Muitas tentativas de isolar a secreção foram feitas, mas sem sucesso até 1921. Dois pesquisadores, Frederick G. Banting, um jovem médico canadense, e Charles H. Best, um estudante de medicina, trabalharam no assunto no laboratório do professor John J. R. Macleod, na Universidade de Toronto. Eles extraíram a secreção do pâncreas de cães. (IV) "Quando injetaram os extratos [secreção do pâncreas] nos cães tornados diabéticos pela remoção do pâncreas, o nível de açúcar no sangue desses cães voltava ao nível normal, e a urina não apresentava mais açúcar."

A alternativa que identifica corretamente cada uma das etapas de construção do conhecimento cientifico é:

a) I: Hipótese II: Teste da hipótese III: Fato IV: Observação
b) I: Fato II: Teoria III: Observação IV: Teste da hipótese
c) I: Observação II: Hipótese III: Fato IV: Teste da hipótese
d) I: Observação II: Fato III: Teoria IV: Hipótese
e) I: Observação II: Fato III: Hipótese IV: Teste da hipótese

2. (UEA-AM) Observando as células a seguir e analisando as estruturas que as integram, somos levados a dizer que:

Markus Steiger

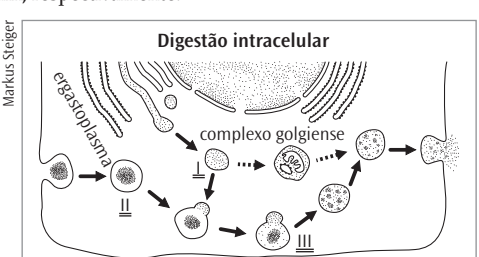


a) ambas são características de animais.
b) ambas são características de vegetais.
c) a número 1 pertence a um vegetal e a número 2 pertence a um animal.
d) a número 1 pertence a um animal e a número 2 pertence a um vegetal.
e) as duas variedades de células são típicas, tanto de animais como vegetais.

3. **Em relação aos componentes celulares, assinale a alternativa correta.**
a) Membrana plasmática é uma estrutura lipoproteica que funciona como barreira seletiva entre o citoplasma e o núcleo.
b) Parede celular é uma exoesquelética rígida que circunda e protege o conteúdo da maior parte das células vegetais.
c) Plastos são organelas citoplasmáticas em células vegetais, recobertas por membranas e incapazes de autoduplicação.
d) Mitocôndrias são organelas limitadas por membranas, encontradas somente em células animais e que geram energia química na forma de ATP.
e) O núcleo é uma organela revestida por envoltório nuclear, presente tanto em organismos procariontes como em organismos eucariontes.

4. **O esquema abaixo representa a digestão intracelular. Nele, I, II e III indicam, respectivamente:**

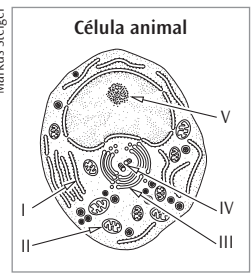
Markus Steiger



a) lisossomo, fagossomo e vacúolo digestivo.
b) lisossomo, vacúolo digestivo e fagossomo.
c) vacúolo digestivo, fagossomo e lisossomo.
d) fagossomo, lisossomo e vacúolo digestivo.
e) fagossomo, vacúolo digestivo e lisossomo.

5. **A figura ao lado mostra uma célula animal.**
Mitocôndrias e retículo endoplasmático rugoso estão representados, respectivamente, por:
a) I e IV
b) II e I
c) II e III
d) III e IV
e) IV e I

Markus Steiger



6. **(Fuvest-SP) Assinale a(s) alternativa(s) correta(s) com relação ao tema retículos endoplasmáticos:**
a) O retículo endoplasmático rugoso (RER) está relacionado a uma série de funções heterogêneas, como síntese de gorduras, esteroides, fosfolipídios e colesterol.
b) Nas células vegetais, o retículo endoplasmático liso (REL) pode armazenar substâncias, dando origem a vários tipos de vacúolos, cada um deles desempenhando uma função distinta.
c) O REL participa da formação do acromossomo em espermatozoides de células animais e da formação da lamela média nas células vegetais.
d) Nas células do fígado, o RER está relacionado com a desintoxicação do organismo, como é o caso de certas "drogas", como barbitúricos (sedativos) e álcool.
e) Vários estudos têm mostrado que o REL, apesar de existir em todos os tipos de células eucariotas, apresenta-se mais desenvolvido nas células com função secretora.

7. **(Fuvest-SP) Entre os tipos de transporte existentes na célula, está o que se chama difusão facilitada, associada com a doença fatal chamada fibrose cística, que é genética e relacionada com a difusão do íon cloro (Cl). Analise os itens abaixo e assinale a(s) alternativa(s) correta(s):**

01 – Permeases são proteínas de transporte que auxiliam a passagem de determinadas substâncias, impedidas de entrar na célula pela camada de lipídios.

02 – No processo, somente participam as proteínas (permeases) que transportam substâncias do meio em que estão mais concentradas para o meio em que estão menos concentradas, caso tido como passivo, isto é, sem gasto de energia.

04 – No processo, há gasto de energia metabólica durante o transporte de substâncias.

08 – O processo é particularmente importante para íons como cloro (Cl), sódio (Na^+) e potássio (K^+) e para substâncias como cloretos e carbonetos.

16 – O processo é particularmente importante para íons como cloro (Cl), sódio (Na^+) e potássio (K^+) e para substâncias como aminoácidos e glicose.

As alternativas corretas somadas valem:

a) 03
b) 12
c) 11
d) 18
e) 19

8. (Unitau-SP) Cite a composição química e as funções da membrana plasmática.

9. (Unicamp-SP) A fagocitose é um mecanismo de endocitose utilizado pelas células, relacionado a diferentes funções nos seres vivos. Esse mecanismo ocorre tanto em organismos unicelulares como em pluricelulares. Mencione duas funções nas quais a fagocitose se encontra.

Descomplicando a Biologia

(UFSCar-SP) Os esquemas abaixo referem-se a uma organela citoplasmática frequentemente presente em células eucariotas. Segundo a teoria endossimbiótica, sua origem está relacionada a um certo organismo:

(*Molecular Biology of the cell***, vários autores.)**

A que Reino de seres vivos de organização celular pertence o organismo relacionado com a origem dessa organela?

a) Protozoário
b) Monera
c) Protista
d) Algas

Resolução e comentários

A organela representada é a mitocôndria que, segundo as teorias endossimbióticas, foi originada a partir de células procariotas (bactérias) aeróbicas, englobadas por células eucariotas primitivas que não usam o oxigênio em sua respiração celular. Bactérias são componentes do Reino Monera. Desse modo, a alternativa **b** é a correta.

3 Ácidos nucleicos

Chamados de moléculas da vida, os ácidos nucleicos são de dois tipos básicos: o **ácido desoxirribonucleico** – representado pela sigla DNA, responsável pela constituição do material genético (cromossomos e genes), localizado basicamente no núcleo das células – e o **ácido ribonucleico** – representado pela sigla RNA, sintetizado no núcleo pelo DNA. O RNA atua no citoplasma, participando da síntese de proteínas. Os ácidos nucleicos são formados por grandes moléculas, ligadas à hereditariedade e ao comando e controle das atividades celulares.

Ácido desoxirribonucleico (DNA)

Localizado em quase sua totalidade no núcleo das células eucariontes, e em menor quantidade no citoplasma, no interior das mitocôndrias, dos cloroplastos e associado aos centríolos.

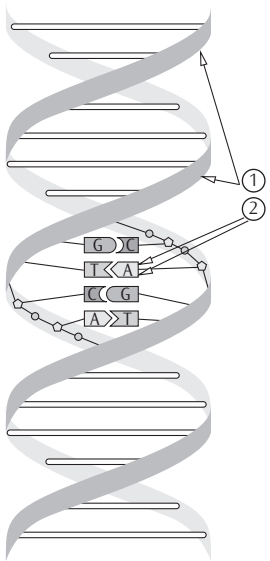
Nas células procarióticas, os cromossomos circulares dispersos pelo citoplasma são constituídos por DNA.

A partir da década de 1940, vários pesquisadores definiram algumas de suas propriedades, tais como:

- A molécula de DNA, sendo uma substância orgânica, é formada por partículas menores denominadas nucleotídeos.
- Está relacionado à hereditariedade.
- Seu formato é de um fio em forma de dupla hélice.
- O glicídio do DNA é a pentose dessoxirribose.
- As bases nitrogenadas do DNA são adenina (A), guanina (G), citosina (C) e timina (T).
- As proporções entre as bases nitrogenadas adenina-timina e citosina-guanina é de 1 para 1.

Ivan Coutinho

Modelo proposto da molécula do DNA por Watson e Crick



1 Duas cadeias de nucleotídeos
2 bases nitrogenadas

G – Guanina pareia com C - citosina
T – timina pareia com A - adenina

Com base nessas informações, o americano James D. Watson e o inglês Francis H. C. Crick iniciaram um estudo com a finalidade de criar um modelo para a molécula de DNA. Em 1953, eles propuseram uma estrutura que ficou conhecida como Modelo de Watson e Crick (que lhes valeu o Prêmio Nobel de Fisiologia e Medicina de 1962).

Segundo o modelo proposto por Watson e Crick, a molécula de DNA é composta por uma dupla hélice, ou duas cadeias helicoidais de polinucleotídeos, lembrando duas fitas enroladas uma na outra, unidas pelas bases nitrogenadas, e as ligações entre as bases são feitas por pontes de hidrogênio.

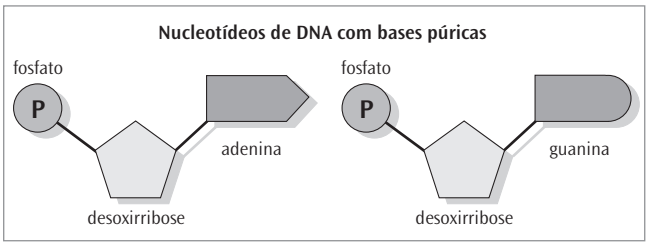
Estrutura da molécula do DNA e sua duplicação

A molécula do DNA é constituída pelo encadeamento de conjuntos de moléculas menores denominadas nucleotídeos.

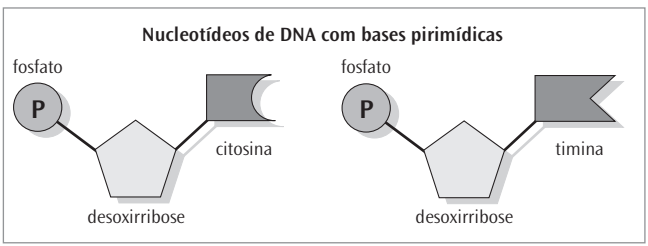
Cada nucleotídeo é constituído por três moléculas diferentes:

- uma base nitrogenada;
- uma pentose (açúcar com 5 átomos de carbono);
- um fosfato (PH_4).

Ivan Coutinho



Ivan Coutinho



O açúcar é sempre o mesmo: a desoxirribose. O fosfato também é o mesmo. Mas as bases nitrogenadas podem ser de quatro tipos diferentes: **adenina**, **timina**, **citosina** e **guanina**, e pertencem a duas categorias distintas: a adenina e a guanina, por derivar de uma substância denominada **purina**, recebem o nome de **bases púricas** ou **purímicas**. A citosina e a timina derivam de uma substância denominada purimidina e recebem o nome de **bases pirimídicas**.

A molécula de DNA é descrita como uma dupla hélice, em que as proporções entre as bases **A** (adenina) e **T** (timina) é sempre de 1 para 1, assim como entre as bases **G** (guanina) e **C** (citosina).

Com base nesses dados, diz-se que **A** e **T** são bases complementares, assim como **C** e **G**. Concluímos que em uma molécula de DNA com a sequência de bases **T C A C T G**, a cadeia com-

plementar será: **A G T G A C**, respectivamente. Exemplo: se no DNA de uma célula existem 15% de guanina, e como a guanina se liga à citosina, o percentual de citosina será de 15%. Restando, portanto, 70% para as outras bases: timina e adenina. Como timina e adenina se completam, conclui-se então que o DNA terá 35% de adenina e 35% de timina.

Uma molécula de DNA difere da outra pela ordem com que os nucleotídeos se dispõem ao longo da molécula.

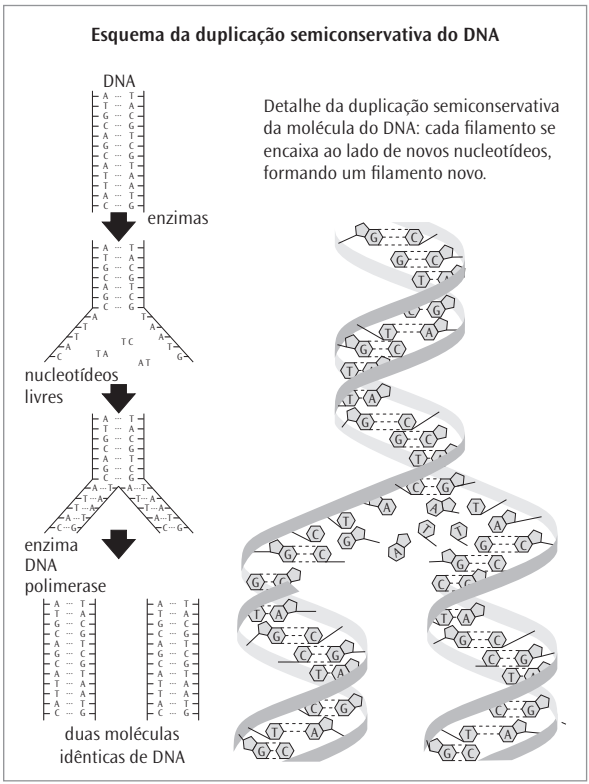
Duplicação do DNA

Com a presença da matéria-prima (nucleotídeos) e da enzima polimerase, a molécula de DNA se duplica, produzindo réplicas de si mesma.

No processo da replicação, ocorre primeiramente o rompimento das pontes de hidrogênio, separando os filamentos da molécula; em seguida, nucleotídeos livres encontrados dispersos no interior da célula são conduzidos pela enzima polimerase ao encontro dos filamentos livres, e vão se unindo aos nucleotídeos dos filamentos, obedecendo sempre à afinidade entre duas bases nitrogenadas. Dessa forma, quando o processo se completa, cada filamento antigo serviu de molde para a construção de um novo filamento.

Podemos dizer que a duplicação do DNA é semiconservativa: pois cada DNA recém-formado possui um dos filamentos do DNA antigo.

Markus Steiger


Esquema da duplicação semiconservativa do DNA
DNA
enzimas
nucleotídeos livres
enzima DNA polimerase
duas moléculas idênticas de DNA
Detalhe da duplicação semiconservativa da molécula do DNA: cada filamento se encaixa ao lado de novos nucleotídeos, formando um filamento novo.

Ácido ribonucleico (RNA)

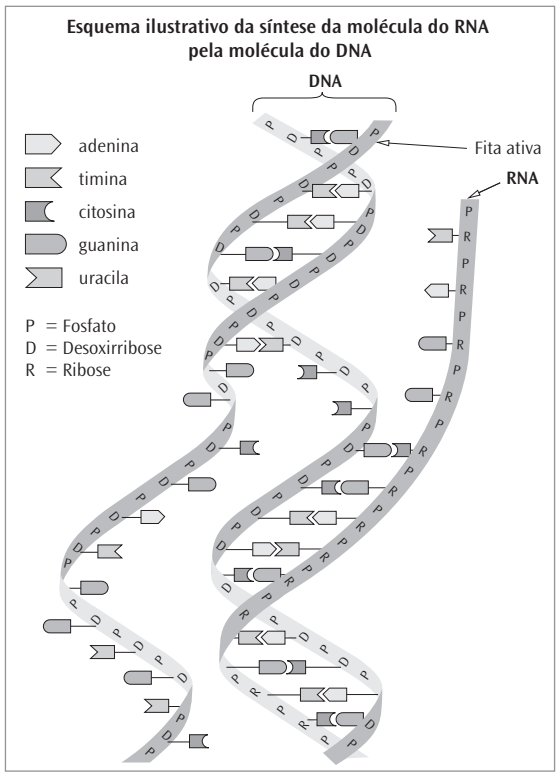
Sintetizado pelo DNA, o RNA é uma macromolécula orgânica, constituída por unidades menores, denominadas nucleotídeos.

O RNA difere do DNA na estrutura molecular, pois sua molécula é constituída por um único filamento ou cadeia de nucleotídeos.

Difere também por seu açúcar, cuja pentose é a ribose, e a base nitrogenada uracila (U) é específica da molécula de RNA; as demais bases são as mesmas, tanto para o DNA como para o RNA.

Transcrição = produção de RNA a partir de uma sequência da molécula de DNA.

Ivan Coutinho



Para o DNA controlar as atividades celulares, ele sintetiza moléculas de RNA que transportam as informações genéticas aos locais da célula onde elas serão interpretadas e transformadas em ações, como, por exemplo, coordenar a produção de proteínas e enzimas.

Na transcrição do RNA, a molécula de DNA rompe-se em um determinado ponto. Nucleotídeos livres na célula vão se pareando a esse segmento rompido.

Completado o pareamento a esse segmento rompido, está pronta a molécula de RNA. Após a liberação do RNA, o DNA que serviu de molde reconstitui a molécula original.

Tipos de RNA

O DNA transcreve três tipos de RNA, que se diferenciam entre si na estrutura molecular e na função. São eles:

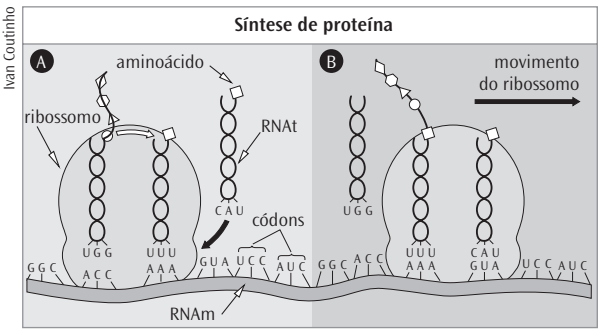
RNA-mensageiro (RNAm)	RNA-transportador (RNAt)	RNA-ribossômico (RNAr)
Transporta as informações do código genético do DNA para o citoplasma, ou seja, determina as sequências dos aminoácidos na construção das proteínas.	Encaminha os aminoácidos dispersos no citoplasma ao local onde ocorrerá a síntese das proteínas.	Faz parte da estrutura dos ribossomos (organelas citoplasmáticas) onde a síntese de proteínas ocorrerá.

Síntese de proteínas

O DNA coordena a síntese de proteínas, transcrevendo o seu código para a molécula de RNAm. Os nucleotídeos específicos pareiam-se: a adenina do DNA com a uracila do RNA, a timina do DNA emparelha-se com a adenina do RNA, a citosina do DNA emparelha-se com a guanina do RNA e a guanina do DNA com a citosina do RNA. Assim, a nova molécula de RNA é uma cópia complementar da mensagem do DNA.

Todo esse processo ocorre no núcleo. A nova molécula de RNA passa pela membrana do núcleo (ou carioteca) e vai para o citoplasma, onde se liga a um ribossomo, formando um molde para a síntese da proteína. As moléculas de RNAt são responsáveis pelo transporte dos aminoácidos até o ribossomo. O RNAt liga-se aos aminoácidos presentes no citoplasma. Cada aminoácido é transportado por um tipo específico de RNAt e levado até o RNAm, que se encontram aderidos aos ribossomos.

O ribossomo move-se ao longo do RNAm, transportando os aminoácidos. O RNAm informa que aminoácido deve ser usado e a ordem na qual precisa ligar-se para formar a proteína.



Estabelecidas as ligações entre os aminoácidos que formarão os peptídeos das proteínas (ligações peptídicas), as moléculas de proteínas separam-se dos ribossomos e do RNAm. Desse modo, o código genético do DNA faz com que a célula fabrique proteínas específicas.

Código genético

O gene pode ser definido como a parte da molécula de DNA responsável pela síntese de uma proteína.

Código genético é a relação entre cada códon e o aminoácido que ele codifica.

Se as bases nitrogenadas do RNAm permitem formar 64 agrupamentos de três nucleotídeos, e cada trio de bases forma um códon que codifica um aminoácido, então, por que existem somente vinte aminoácidos na natureza? A resposta está no trabalho de decifrar qual ou quais aminoácidos são codificados por cada códon. E, na decifração do código genético, concluiu-se que os códons (UAG, UAA E UGA) não codificam nenhum aminoácido, mas indicam o fim de uma ligação ou cadeia de aminoácidos. E que o mesmo aminoácido pode ser codificado por códons diferentes. Como a

correspondência entre os códons e os aminoácidos não é extremamente específica, diz-se que o código genético é degenerado.

Esta é a relação dos vinte aminoácidos, assim como seus códons correspondentes.

Células-tronco

Células-tronco são unidades celulares que têm a capacidade de dividir-se por período indefinido e se transformar em qualquer outra célula do corpo, mais específica.

Ivan Coutinho

Aminoácidos e códons correspondentes

Primeira letra	Segunda letra U	Segunda letra C	Segunda letra A	Segunda letra G	Terceira letra
U	UUU Phe UUC Phe UUA Leu UUG Leu	UCU Ser UCC Ser UCA Ser UCG Ser	UAU Tyr UAC Tyr UAA Stop UAG Stop	UGU Cys UGC Cys UGA Stop UGG Trp	U C A G
C	CUU Leu CUC Leu CUA Leu CUG Leu	CCU Pro CCC Pro CCA Pro CCG Pro	CAU His CAC His CAA Gln CAG Gln	CGU Arg CGC Arg CGA Arg CGG Arg	U C A G
A	AUU Ile AUC Ile AUA Ile AUG Met	ACU Thr ACC Thr ACA Thr ACG Thr	AAU Asn AAC Asn AAA Lys AAG Lys	AGU Ser AGC Ser AGA Arg AGG Arg	U C A G
G	GUU Val GUC Val GUA Val GUG Val	GCU Ala GCC Ala GCA Ala GCG Ala	GAU Asp GAC Asp GAA Glu GAG Glu	GGU Gly GGC Gly GGA Gly GGG Gly	U C A G

Phe – fenilalanina
Leu – leucina
Ile – isoleucina
Met – metionina
Val – valina
Ser – serina
Pro – prolina
Thr – treonina
Ala – alanina
Tyr – tirosina
Arg – arginina
His – histidina
Gln – glutamina
Asn – asparagina
Lys – lisina
Asp – ácido aspártico
Glu – ácido glutâmico
Cys – cisteína
Trp – tripofano
Gly – glicina

Assim, por exemplo, uma célula-tronco pode transformar-se em uma célula do cérebro, dos ossos, dos músculos, em cartilagem ou até em um espermatozoide.

Existem basicamente dois tipos de células-tronco: as **embrionárias** e as **adultas**.

O corpo humano do adulto é constituído por aproximadamente 75 trilhões de células, que se dividem em mais ou menos 200 tipos. E todos eles podem ser formados a partir de células-tronco.

Células-tronco embrionárias

Aproximadamente 5 a 7 dias após a fecundação, o embrião possui o formato de uma esfera, chamado de **blastocisto**, constituído por mais ou menos 100 células. As células externas do blastocisto vão formar a placenta e as internas, que são células-tronco embrionárias, vão formar todos os tecidos do futuro indivíduo.

Células-tronco adultas

São encontradas na medula óssea, no cordão umbilical, na córnea, no cérebro, no fígado, no sangue, na musculatura esquelética, nos rins, na polpa dentária dos dentes de leite (ou dentes temporários).

As células-tronco adultas têm demonstrado uma capacidade limitada de diferenciação; ao contrário das embrionárias, que podem transformar-se em praticamente qualquer tipo de célula.

Estes são alguns exemplos de uso das células-tronco em caráter experimental:

- **Parkinson e Alzheimer**: Células-tronco são implantadas no cérebro e podem se transformar em neurônios, substituindo as células lesadas nessas doenças.
- **Dentição**: Implantação de células-tronco na gengiva, originando dentes naturais. Seria o fim das próteses dentárias.
- **Infarto**: Células-tronco implantadas no coração podem transformar-se em células cardíacas, substituindo as lesadas.
- **Medula espinhal**: Pesquisadores da Universidade de São Paulo (USP), utilizando células-tronco em paraplégicos e tetraplégi-

cos, conseguiram restaurar parte da sensibilidade de membros paralisados de alguns pacientes.

- **Mamas**: Pesquisadores da Universidade de Tóquio conseguiram aumentar o volume de mamas, utilizando mistura de gordura e células-tronco. Talvez, este seja o futuro substituto das próteses de silicone.
- **Infertilidade**: A produção de espermatozoide e de óvulos a partir de células-tronco pode resolver o problema de casais inférteis.
- **Diabetes**: Células do pâncreas produtoras de insulina podem ser criadas ou repostas a partir de células-tronco, contribuindo para resolver os problemas da diabete.
- **Córneas**: As células-tronco da córnea podem fazer crescer novas córneas em pessoas que não obtiveram sucesso em um transplante.
- **Transplantes**: Em vez de transplante de órgãos, os médicos farão um transplante de células-tronco tiradas do próprio paciente, sem risco de rejeição.

Saiba

BIOTECNOLOGIA

A biotecnologia consiste na aplicação em grande escala dos avanços científicos e tecnológicos, a partir de organismos vivos (células e/ou moléculas) para produção racionalizada de substâncias, que resultam em produtos comercializáveis. Um exemplo de biotecnologia é o uso de leveduras (organismo vivo) para fermentar cerveja, vinhos e pães (produtos).

Embora a palavra *biotecnologia* tenha sido usada pela primeira vez em 1919 por um engenheiro agrícola da Hungria, o crescimento dessa área somente ocorreu a partir da década de 1970, com o desenvolvimento da tecnologia do ácido desoxirribonucleico (DNA) recombinante, mais conhecida como engenharia.

Essa tecnologia consiste na modificação direta do genoma de um organismo-alvo pela introdução intencional de fragmentos de DNA com função conhecida. Dessa forma, o gene (DNA) que contém a informação para síntese de uma determinada proteína de interesse pode ser transferido para outro organismo, que então produzirá grandes quantidades da substância pretendida.

Esses conceitos têm definido e delimitado o que se denomina biotecnologia moderna, diferenciando-a da biotecnologia antiga. Exemplos de substâncias ou produtos que têm sido produzidos por meio da biotecnologia moderna ou engenharia genética incluem interferon humano (substância natural sintetizada no organismo humano para defesa contra vírus), insulina humana, hormônios de crescimento humano, plantas resistentes a vírus, plantas tolerantes a insetos e plantas resistentes a herbicidas. Outro uso importante da biotecnologia implica a produção de bactérias, utilizadas para biodegradação de vazamentos de óleos ou lixos tóxicos.

Clonagem

A biotecnologia moderna, também conhecida como engenharia genética ou tecnologia do DNA recombinante, envolve modificação direta do DNA, que representa o material genético de um ser vivo. A engenharia genética permite alterar precisamente as já definidas características do organismo vivo ou introduzir novas características. Pelo isolamento de sequências de DNA obtém-se uma característica desejada (fenótipo).

O isolamento dos genes de interesse é conduzido por meio de técnicas de clonagem molecular, que consiste em induzir um organismo vivo a amplificar a sequência de DNA de interesse em sistemas que permitem uma fácil purificação e recuperação do referido fragmento de DNA. Para isso, são utilizados vetores de clonagem (plasmídeos ou vírus), nos quais a sequência de DNA de interesse é inserida, utilizando a enzima DNA ligase.

Quando necessário, o fragmento de DNA de interesse pode ser liberado do vetor por meio de enzimas de restrição. Uma vez isolado o gene de interesse, estes fragmentos de DNA (genes)

são incorporados por meio da engenharia genética no genoma do organismo alvo, resultando em um organismo geneticamente modificado (OGM), cuja característica adquirida passa a ser hereditária.

Assim sendo, é possível fazer alteração genética de animais, plantas e micro-organismos.

Desenvolvida em 1973, essa tecnologia permite a transferência do material genético de um organismo para outro efetiva e eficientemente. Em vez de promover o cruzamento entre organismos relacionados para obter uma característica desejada, cientistas podem identificar e inserir, no genoma de um determinado organismo, um único gene responsável por uma característica em particular. Isto permite que as alterações no genoma do organismo sejam precisas e previsíveis. Já no melhoramento clássico (reprodução sexual), todo o conjunto de genes dos dois organismos misturam-se em combinações aleatórias. Como consequência, o processo de seleção do caráter desejado demanda uma enorme quantidade de tempo e não é exatamente preciso. Com as técnicas de engenharia genética, todo gene de qualquer organismo pode ser isolado e transferido para o genoma de outro ser vivo por mais divergente ou distante que seja na escala evolucionária.

A engenharia genética amplia consideravelmente os recursos genéticos para melhoramento de plantas e animais, resultando na obtenção de plantas ou animais geneticamente modificados, também denominados de organismos transgênicos. Os genes que são inseridos artificial e intencionalmente no genoma de um organismo são denominados transgenes e têm a capacidade de conferir ao organismo uma característica desejada.

Cientistas dos Estados Unidos e França realizaram, em 1986, os primeiros experimentos com plantas transgênicas, mas a República Popular da China foi o primeiro país a comercializá-las, produzindo, no início da década de 1990, o fumo e o tomate resistentes a vírus. A área global de culturas transgênicas, que era de 1,7 milhão de hectares em 1996, cresceu para 27,8 milhões de hectares, em 1998. Das cinco principais culturas transgênicas

cultivadas (batata, milho, soja, tomate e algodão) em oito países, predominam a soja e o milho.

A maioria dos produtos já liberados para a comercialização contém transgenes que codificam para características que visam minimizar estresses ambientais, incluindo tolerância a herbicidas, resistência a insetos e vírus:

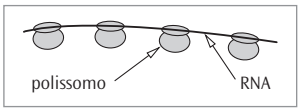
- **Resistência a insetos:** é obtida pela utilização de inibidores de proteinase de plantas ou a partir de toxinas bacterianas (Bacillus thuringiensis), o gene Bt. Exemplos de plantas resistentes a insetos: milho, algodão, batata e soja transgênicos.
- **Tolerância a herbicidas:** é a modalidade que engloba o maior número de plantas transgênicas. Exemplos de espécies transformadas: milho, eucalipto, soja, cana-de-açúcar. Destas, destaca-se a soja, muito presente nas discussões acerca dos transgênicos.
- **Resistência a vírus:** as plantas resistentes a viroses são conseguidas à medida que novos conhecimentos são gerados em relação às fitoviroses, pelo processo denominado silenciamento de gene ou proteção mediada pelo RNA (ácido ribonucleico). Pode-se citar, mediante técnicas específicas, os genes da capa proteica ou capsídio do próprio vírus que são introduzidos na planta, possibilitando que esta se torne resistente ao vírus e funcione como uma espécie de "vacina". Exemplos: o mamão transgênico, com resistência ao vírus da mancha anelar do mamoeiro (PRSV), e a batata transgênica, resistente ao vírus do mosaico da batata (PVY).

Por outro lado, as características que visam aumentar a qualidade nutricional dos alimentos vêm se tornando progressivamente mais importantes e deverão prevalecer nas próximas gerações de produtos transgênicos. No ano 2000, pesquisadores desenvolveram arroz geneticamente modificado que produz betacaroteno, precursor da vitamina A. Isso representa um ganho considerável em termos de qualidade nutricional, visto ser o arroz um produto consumido por grande parcela da população mundial.

Teste seu saber

1. (Unip-SP) A estrutura abaixo relaciona-se com:

a) síntese lipídica
b) síntese de polissacarídeos
c) síntese proteica
d) fotossíntese
e) quimiossíntese



2. (UFBA) A especificidade de dois segmentos de DNA que têm o mesmo número de nucleotídeos é determinada:

a) pelo emparelhamento das bases complementares.
b) pela natureza das moléculas de pentose.
c) pela sequência das bases ao longo da cadeia.
d) pela relação entre os números de pares AT e GC.
e) pela relação entre os números de moléculas de pentose e de grupos fosfóricos.

3. (Fuvest-SP) Qual das sequências abaixo corresponde ao produto de transcrição do segmento AATCACGAT de uma fita de DNA?

a) TTACTCGTA
b) TTAGTGCTA
c) AAUCACGAU
d) UUAGUGCUA
e) AATGUGCTA

4. (Fuvest-SP) Existe um número muito grande de substâncias com funções antibióticas. Essas substâncias diferem quando à maneira pela qual interferem no metabolismo celular. Assim, a tetraciclina liga-se aos ribossomos e impede a ligação do RNA transportador; a mitomicina inibe a ação da polimerase do DNA e a estreptomicina causa erros na leitura dos códons do RNA mensageiro. Essas informações permitem afirmar que:

I. A tetraciclina impede a transcrição e leva a célula bacteriana à morte por falta de RNA mensageiro.
II. A mitomicina, por inibir a duplicação do DNA, impede a multiplicação da célula bacteriana.
III. A estreptomicina interfere na tradução e leva a célula bacteriana a produzir proteínas defeituosas.

Das afirmativas acima:

a) Apenas I é correta.

b) Apenas I e II são corretas.
c) Apenas II e III são corretas.
d) Apenas I e III são corretas.
e) I, II e III são corretas.

5. (Fuvest-SP) De que maneira o DNA determina a sequência de aminoácidos das moléculas de proteínas?

6. (UMC-SP) Como se duplica uma molécula de DNA? Por que essa duplicação é semiconservativa?

7. (Fuvest-SP) A análise química de uma molécula de ácido nucleico revelou a seguinte porcentagem de bases nitrogenadas: 15% de adenina, 25% de uracila, 20% de citosina e 40% de guanina.
Afirmou-se que a referida molécula era de DNA e não de RNA. Você concorda? Apresente duas características que justifiquem sua resposta.

8. (Fuvest-SP) Um determinado segmento da molécula de DNA apresenta a seguinte sequência de bases: ACTCCGCTTAGG e TGAGGCGAATCC. Quais poderiam ser as sequências de bases do RNA por ele produzido? Por quê?

Descomplicando a Biologia

(Fuvest-SP) A tabela mostra a composição das bases nitrogenadas púricas, adenina e guanina, nos DNAs do homem e do boi.

	Adenina	Guanina
Homem	30,4%	?
Boi	?	21,0%

As porcentagens que estão faltando para o homem e para o boi são, respectivamente:

a) 19,6% e 29,0%
b) 21,0% e 30,4%
c) 29,0% e 30,4%
d) 19,6% e 21,0%
e) 30,4% e 21,0%

Resolução e comentários

A molécula de DNA é uma dupla hélice constituída por nucleotídeos de 4 tipos: adenina, timina, guanina ou citosina. Elas promovem o pareamento das cadeias moleculares sempre unidos na forma adenina-timina e guanina-citosina.

Sendo assim, numa molécula de DNA cada elemento de um par será encontrado com a mesma quantidade que o outro elemento desse par.

Se no DNA humano são encontrados 30,4% de bases nitrogenadas de adenina, deverá haver também 30,4% de bases nitrogenadas de timina. Somando a quantidade das duas teremos 60,8% do DNA. Os demais 39,2% serão compostos por 19,6% de citosina e 19,6% de guanina, completando, assim, os 100%. Procedendo-se da mesma forma, se no DNA bovino são encontradas 21% de bases nitrogenadas de guanina, deverá haver também 21% de bases nitrogenadas de citosina. Somando a quantidade das duas teremos 42% do DNA. Os demais 58% serão compostos por 29% de timina e 29% de adenina.

Desse modo, a resposta esperada está na alternativa **a**.

4 Ciclo celular

O ciclo celular é o período compreendido entre o surgimento de uma célula e a sua divisão, quando se encerra a sua existência na produção de células-filhas, passando para elas as informações necessárias para a sua sobrevivência e para gerar novas células, dando continuidade à vida.

A divisão celular pode ocorrer basicamente de duas formas: por **mitose** e por **meiose**.

A mitose, nos seres eucariontes, é o processo de divisão responsável pelo crescimento, desenvolvimento e reposição de células envelhecidas de um organismo. Nesse processo a célula-mãe origina duas células geneticamente idênticas a ela.

A meiose é o processo que tem por função produzir células germinativas, como o óvulo e o espermatozoide. Na meiose, a célula-mãe origina quatro células-filhas, cada uma com metade da sua quantidade de material genético.

Antes de iniciar o processo de divisão, a célula se prepara, fabricando algumas substâncias e degradando outras. A esse período intermediário ou de preparação dá-se o nome de **intérfase**.

Intérfase

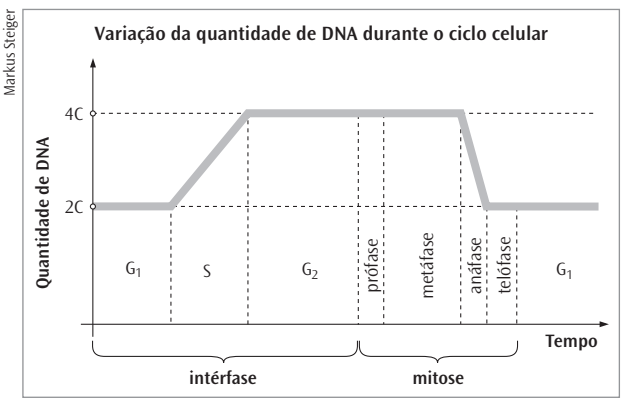
É o espaço compreendido entre duas divisões celulares sucessivas e representa cerca de 80% do ciclo celular. Nesse período, a célula não está se dividindo, mas se encontra em grande atividade metabólica. No interior do núcleo, ocorre a duplicação do DNA. No citoplasma, ocorre a produção da proteína histona, que, juntamente com o DNA, forma os filamentos cromossômicos, através dos quais as informações genéticas são transmitidas da célula-mãe para as

células-filhas. Baseando-se na duplicação do DNA, a intérfase pode ser dividida em três períodos consecutivos:

1º período: G_1 – antecede a duplicação do DNA; nele ocorre intensa produção de RNA e de diversas proteínas;

2º período: S – ocorre a duplicação do DNA e, em consequência, a duplicação dos filamentos de cromatina, formando os cromossomos;

3º período: G_2 – inicia-se com o término da duplicação do DNA e vai até o início da divisão. Nesta fase, os centríolos terminam sua duplicação e se aproximam do núcleo; proteínas necessárias à divisão são produzidas. A célula aumenta de tamanho antes da divisão.

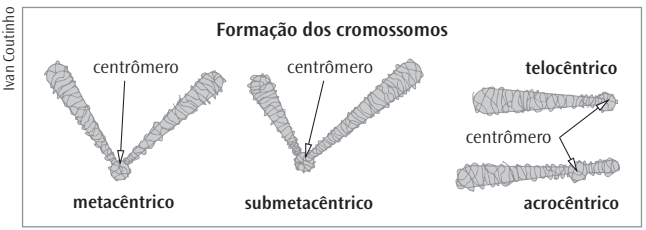


Formação dos cromossomos

Os cromossomos originam-se a partir da espiralização da cromatina, o que ocorre na intérfase. O emaranhado de fios que forma a cromatina se espiraliza, tornando-os mais curtos, mais espessos e duplos, devido à duplicação do DNA. Cada braço do filamento duplicado é chamado de **cromátide**. As cromátides de cada cromossomo permanecem unidas em uma região denominada centrômero. O centrômero é a última região das cromátides e se multiplicar.

Quanto à posição dos centrômeros, os cromossomos podem ser classificados em:

- **Metacêntrico**: forma dois braços do mesmo tamanho;
- **Submetacêntrico**: forma dois braços de tamanhos diferentes;
- **Acrocêntrico**: um dos braços é bem curto em relação ao outro;



- **Telocêntrico**: centrômero localizado na região terminal, o que determina um único braço.

Quando as cromátides se separam totalmente, fenômeno que ocorre durante o processo de divisão celular, dão origem a dois cromossomos independentes.

Divisão celular

Mitose

É o processo de divisão celular em que uma célula se divide e produz duas cópias de si mesma, ou seja: as células-filhas são idênticas à célula-mãe.

Com exceção dos neurônios (células nervosas) e algumas células musculares, todas as demais células de um organismo (somáticas) sofrem mitoses.

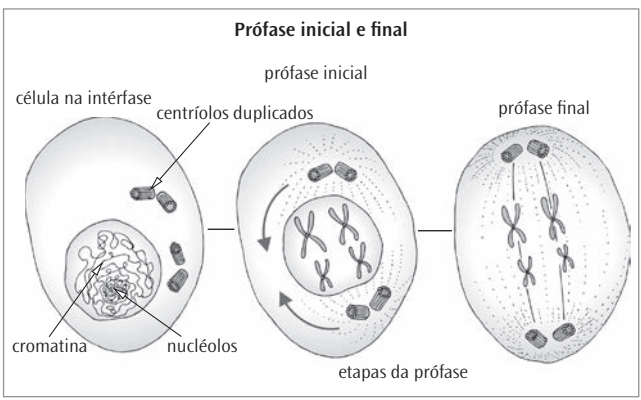
A mitose é um processo contínuo, mas, para facilitar seu entendimento, foi dividida em fases: prófase, metáfase, anáfase e telófase.

Prófase

É a fase inicial, em que ocorrem os seguintes eventos:

- Os centríolos duplicados na intérfase migram para polos opostos da célula, a partir dos quais se forma um conjunto de fibras proteicas, constituindo o áster, e um conjunto de fibras que vão de um centríolo ao outro, formando o fuso mitótico. São as chamadas fibras cromossômicas.
- Os nucléolos vão se desintegrando, até desaparecer.
- Os cromossomos se condensam, tornando-se visíveis.

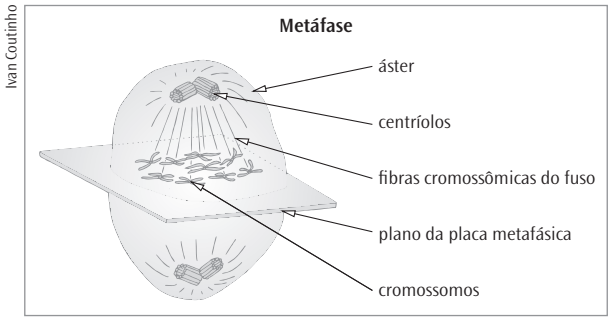
Ivan Coutinho



- O núcleo aumenta de volume, provocando o rompimento da carioteca nuclear. Com a desintegração da carioteca, termina a prófase, iniciando-se a metáfase.

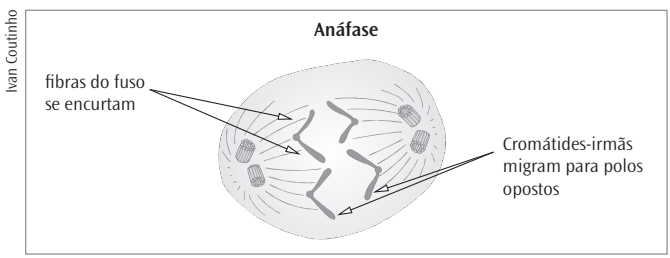
Metáfase

Após a desintegração da carioteca, os cromossomos atingem o máximo de condensação e migram para a região equatorial da célula. Cada cromossomo se une aos dois polos da célula por meio das fibras do fuso. No final da metáfase, cada cromossomo já possui seu centrômero próprio.



Anáfase

Os centrômeros, já individualizados, separam-se, e ocorre o encurtamento das fibras do fuso. Os cromossomos-irmãos migram para polos opostos em direção aos centríolos.

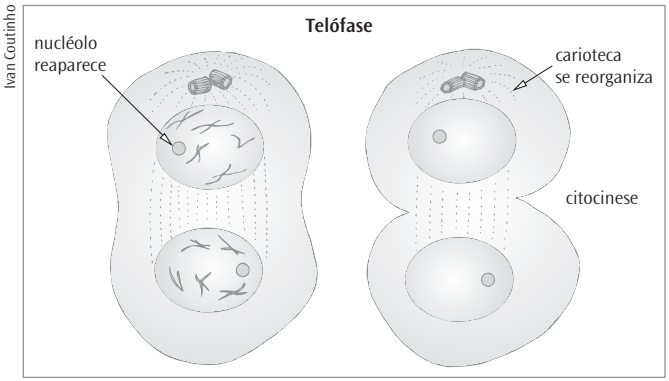


Telófase

Nessa fase, os cromossomos se descondensam, os nucléolos reaparecem, e as fibras do fuso e o áster desaparecem. Ocorre a cariocinese, que é a divisão do núcleo.

Ocorre também a citocinese, que é a divisão do citoplasma. Na célula animal, a citocinese ocorre de fora para dentro.

A carioteca se reorganiza ao redor de cada núcleo-filho e as células-filhas se separam.



Mitose na célula vegetal

São duas as diferenças básicas entre a mitose da célula vegetal e a da célula animal:

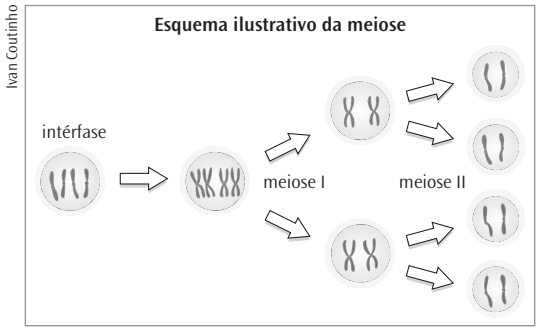
1. Não há centríolos nem áster na mitose vegetal, chamada, portanto, de **anastral** e **acêntrica**. Mas formam-se as fibras do fuso.
2. A citocinese é de dentro para fora. Surge na região equatorial da célula uma membrana fina e elástica, na qual ocorre um depósito de celulose que acaba por delimitar as duas células.

Meiose

Esta divisão produz células-filhas com metade dos cromossomos da célula-mãe.

Nos animais, a meiose produz gametas (óvulos e espermatozoides); nos vegetais produz células reprodutivas.

A meiose consta de duas divisões celulares consecutivas, e cada divisão consta de quatro fases:



Meiose	
Divisão I (Reducional R!)	Prófase I
	Metáfase I
	Anáfase I
	Telófase I
Divisão II (Equacional E!)	Prófase II
	Metáfase II
	Anáfase II
	Telófase II

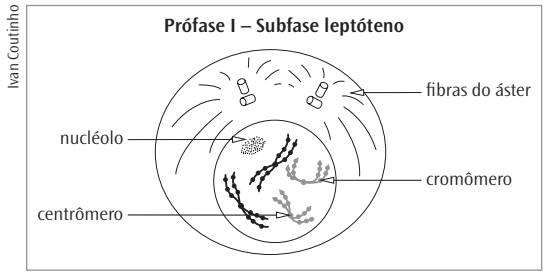
Prófase I

Por se tratar de uma fase longa, a prófase I da meiose foi subdividida em cinco subfases: **leptóteno**, **zigóteno**, **paquíteno**, **diplóteno** e **diacinese**.

Subfase leptóteno

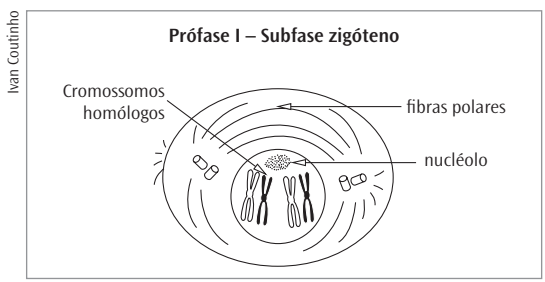
Nesta subfase, os cromátides duplicadas na intérfase iniciam sua condensação. A condensação não ocorre por igual ao longo das cromátides.

Algumas regiões tornam-se mais condensadas e passam a se chamar cromômeros. Os cromossomos homólogos possuem os cromômeros na mesma posição.



Subfase zigóteno

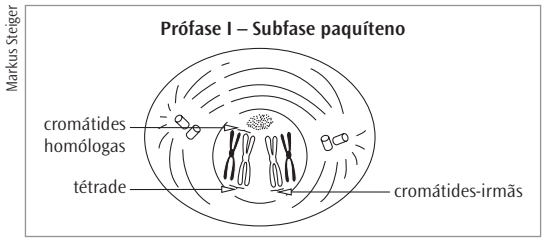
Ocorre a aproximação e a ligação entre os cromossomos homólogos. Esse fenômeno é denominado de **sinapse cromossômica** e, em seguida, ocorre o emparelhamento dos homólogos.



Subfase paquíteno

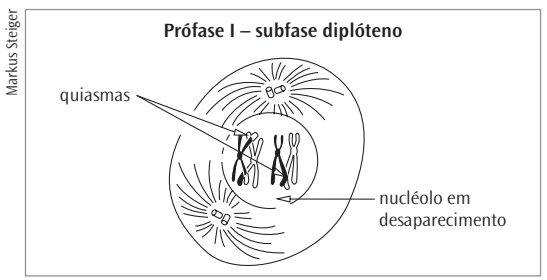
Os cromossomos pareados formam conjuntos denominados bivalentes ou tétrades. No final do zigóteno e início do paquíteno, ocorrem frequentes quebras de pedaços das cromátides que formam os cromossomos homólogos emparelhados e, em seguida, reparação das quebras com ligações desses pedaços, às vezes, em cromátides trocadas.

Esse fenômeno é conhecido como permuta ou *crossing-over*. É um fenômeno de grande importância biológica, pois permite a mistura de material genético, o que leva a uma variabilidade de características dentro de uma espécie.



Subfase diplóteno

Devido à permuta ou *crossing-over* ocorrida na subfase paquíteno, algumas cromátides que formam tétrades se encontram cruzadas, na forma de "X" , e a esses cruzamentos dá-se o nome de **quiasmas**. O quiasma é o ponto visível de uma permuta ou de um *crossing-over*.



Subfase diacinese

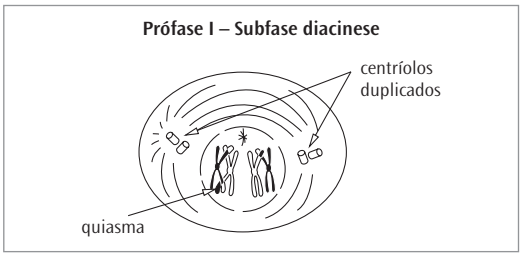
Nesta subfase, os homólogos se afastam, os quiasmas deslizam para as extremidades dos cromossomos (terminalização dos quiasmas).

Os centríolos duplicados migram para polos opostos da célula.

Surgem as fibras do áster e as fibras do fuso.

Os nucléolos e a carioteca desintegram-se e desaparecem.

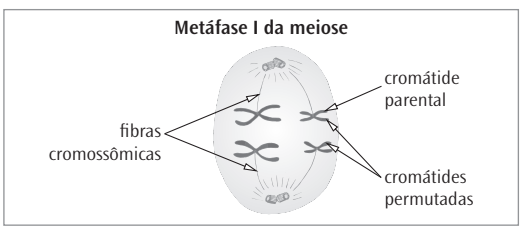
Markus Steiger



Metáfase I

Com a ausência da carioteca, os cromossomos se espalham pelo citoplasma. Cada um dos cromossomos que formam os homólogos une-se à fibra do fuso e dirige-se para a região equatorial da célula.

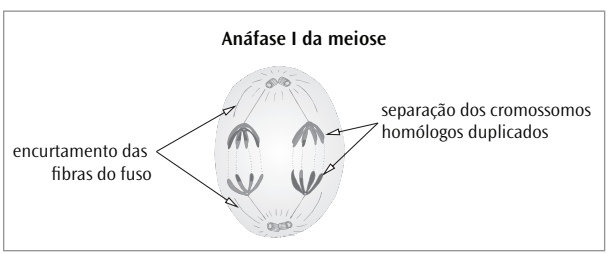
Markus Steiger



Anáfase I

Nesta fase, ocorre o encurtamento das fibras do fuso, os homólogos não se separam como ocorre na mitose, e as cromátides que formam os cromossomos homólogos migram juntas para os polos opostos.

Ivan Coutinho



Telófase I

Ocorre a cariocinese (duplicação do núcleo).

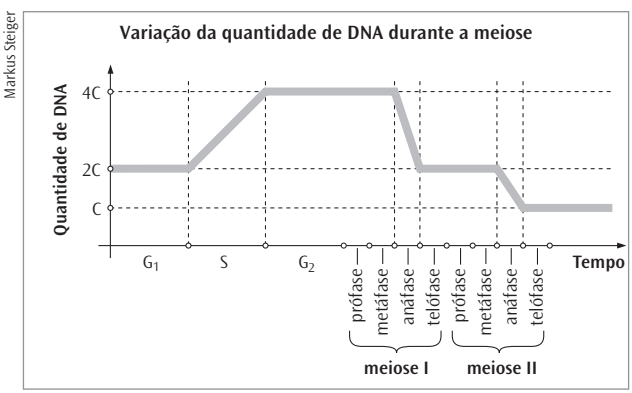
As cariotecas se reorganizam ao redor dos novos núcleos.

As fibras do fuso desaparecem, e os nucléolos e os centríolos reaparecem.

Em seguida, ocorre a citocinese, dando origem a duas células.

Divisão II da meiose

A meiose II é muito semelhante à mitose, pois os fenômenos ocorridos na mitose se repetem na meiose II, exceto a duplicação do material genético.



Com a disjunção, na meiose I a quantidade de DNA é reduzida à metade. Novamente, na meiose II, ela é dividida pela separação das cromátides-irmãs.

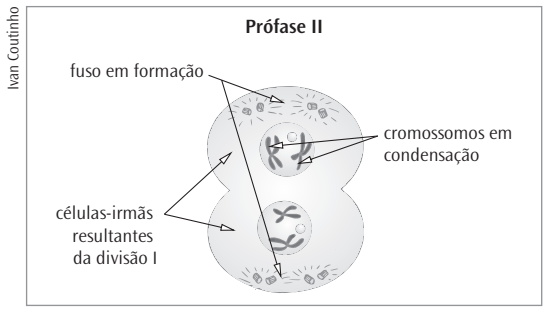
Prófase II

Nesta fase, inicia-se a condensação dos cromossomos.

- Desaparecem os nucléolos.
- Os centríolos migram para polos opostos da célula.

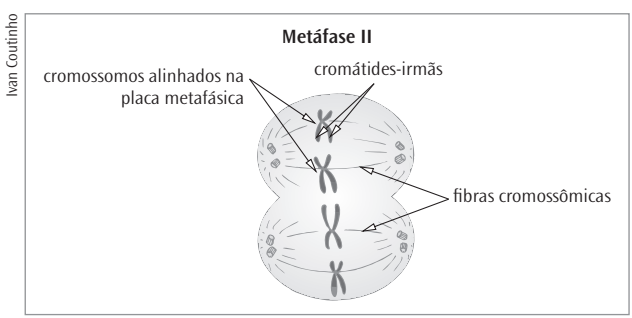
- Surgem os ásteres e as fibras do fuso.

  A carioteca desintegra-se, marcando o fim da prófase II.



Metáfase II

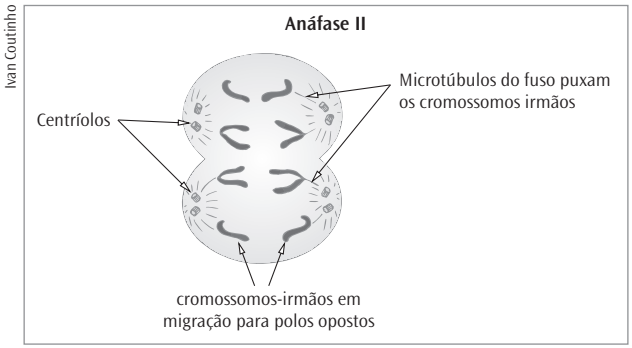
Com a ausência da carioteca, os cromossomos se espalham pelo citoplasma, ligam-se às fibras do fuso e migram para a região equatorial da célula.



Anáfase II

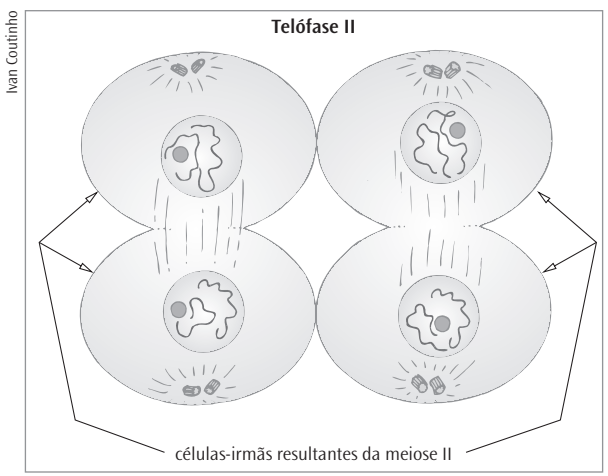
Os centrômeros que unem as cromátides-irmãs bipartem-se e ocorre a sua separação total.

Com o encurtamento das fibras do fuso, as cromátides migram para os polos opostos da célula.

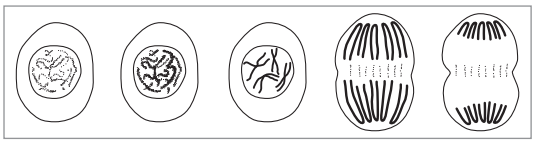


Telófase II

As cariotecas se refazem ao redor dos novos núcleos. Ocorre a citocinese, originando quatro células-filhas, com metade da quantidade de DNA da célula inicial.



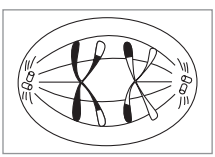
1. (UEL-PR) As figuras abaixo mostram fases da mitose.



A fase não representada é a:

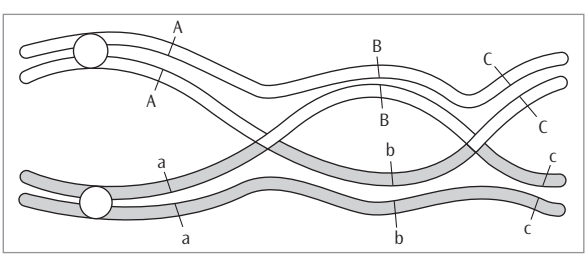
a) intérfase b) prófase c) metáfase d) anáfase e) telófase

2. (Unip-SP) A figura abaixo representa:



a) metáfase I da meiose
b) anáfase da mitose
c) anáfase da miose
d) anáfase II da meiose
e) telófase II da meiose

3. (UEL-PR) Na figura a seguir, está representado um par de homólogos de uma célula em prófase I da meiose.
Considerando a figura, as sequências de genes que poderão ser encontradas nas células resultantes da meiose serão:



a) ABC; Abc; aBc; abc
b) ABC; AbC; aBC; abc
c) ABC; AbC; aBc; abc
d) ABC; Abc: aBC; abc
e) ABC; aBC; aBc; abc

4. (Unip-SP) Durante o processo mitótico de divisão celular, ocorrem os seguintes eventos:

I – Início da condensação cromossômica

II – Divisão dos centrômeros e separação das cromátides

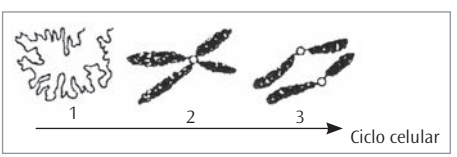
III – Acontece a citocinese

IV – Cromossomos alinhados no plano equatorial da célula

A sequência correta de tais eventos é:

a) I → II → III → IV
b) I → IV → II → III
c) I → III → II →
d) II → I → III → IV
e) III → II → I → IV

5. (Fuvest-SP) A figura mostra modificações na forma do cromossomo durante o ciclo celular. Que fases do ciclo têm cromossomos como os que estão representados em 1 e 3 respectivamente?



a) Intérfase, metáfase
b) Intérfase, anáfase
c) Interfase, telófase
d) Prófase, anáfase
e) Prófase, telófase

6. (Fuvest-SP) Considere os processos de mitose e meiose.

a) Qual o número de cromossomos das células originadas, respectivamente, pelos dois processos, na espécie humana?
b) Qual a importância biológica da meiose?

7. (Unicamp-SP) "A intérfase é um período em que as células estão em repouso". Você concorda? Justifique sua resposta.

8. (EEM-SP) Como você diferencia uma mitose vegetal de uma animal?

9. (Unicamp-SP) Comente a frase: "Cromossomos e cromatina são dois estados morfológicos dos mesmos componentes celulares de eucariotos".

10. **(Fuvest-SP) Um grupo de células do mesmo tecido está em processo de divisão. Algumas fases desse processo estão representadas na figura a seguir.**

a) Que tipo de divisão celular está ocorrendo? Justifique sua resposta.
b) Qual sequência de números indica a ordem em que acontecem as etapas sucessivas no processo da divisão?
c) Em que etapa(s) está(ão) ocorrendo evento(s) que promove(m) variabilidade genética? Justifique sua resposta.

Descomplicando a Biologia

(Unicamp-SP) Suponha três espécies de organismos, 1, 2 e 3, que têm exatamente o mesmo número de cromossomos.
A espécie 1 tem reprodução sexuada e na meiose ocorre permutação entre os cromossomos homólogos.
A espécie 2 tem reprodução sexuada, porém, na meiose, não ocorre permutação entre os cromossomos homólogos.
A espécie 3 se reproduz assexuadamente por meio de esporos.
Com base na constituição genética das células reprodutivas, explique se as alternativas a e b estão corretas ou não.

a) O número de tipos de células reprodutivas, produzido pelos indivíduos das espécies 1 e 2, deve ser igual?
b) O número de tipos de células reprodutivas, produzido pelos indivíduos das espécies 2 e 3, deve ser diferente?

Resolução e comentários

A afirmativa **a** é incorreta. Os indivíduos da espécie 1 produzem maior número de tipos de células reprodutivas, como consequência da recombinação genética promovida pelo *crossing-over* (permutação).

A alternativa **b** é correta. Uma das características da reprodução assexuada (espécie 3) é a não-variabilidade das células reprodutoras (no caso, esporos), diferentemente do que ocorre na espécie 2, em que há várias combinações cromossômicas nos gametas, em função da segregação independente dos cromossomos na meiose.

Saiba

Dicas para aprender

Para decorar as fases: Prófase, Metáfase, Anáfase, Telófase, memorize esta frase:

PRoMEto a ANA Telefonar

(FASES DA PRÓFASE 1)

5 Produção de energia da célula

Construir o próprio corpo, mantê-lo em funcionamento, reparar lesões provocadas pelo desgaste e se reproduzir são algumas das atividades que mantêm o funcionamento harmonioso de um organismo vivo. Mas, para isso, é necessário trabalho. E para realizar trabalho é necessário energia.

Por meio da primeira lei de termodinâmica sabemos que "a energia não pode ser criada, nem destruída: apenas transformada" e transferida de um organismo para outro. Vamos então analisar os principais meios pelos quais os organismos conseguem obter energia.

Respiração anaeróbica ou fermentação

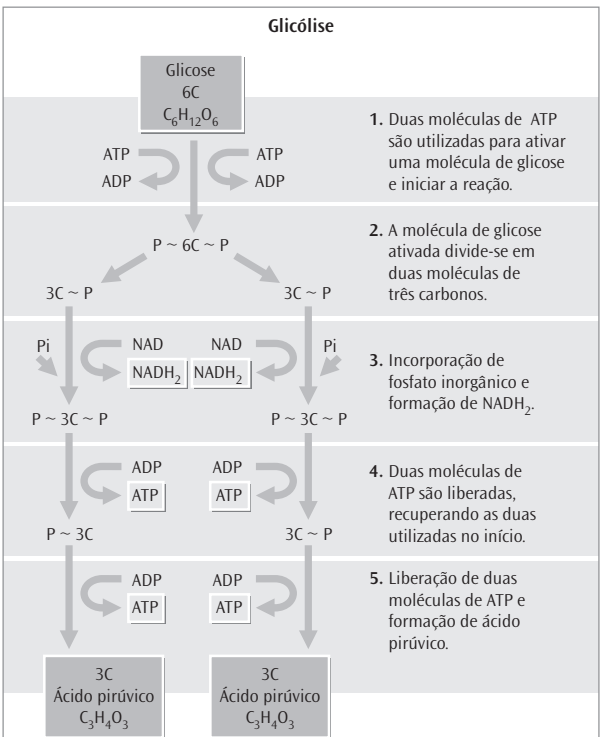
A molécula de glicose é fonte de energia para a maioria dos organismos. O processo de quebra da glicose para obtenção de energia é chamado de **respiração**.

A fermentação é a quebra parcial da molécula de glicose, que ocorre na ausência de oxigênio e, portanto, é um processo anaeróbico. Os organismos que realizam apenas este tipo de respiração são chamados **anaeróbicos estritos**. Há também organismos que realizam a fermentação em condições de escassez de oxigênio. Esses são os **facultativos**.

Na primeira etapa da fermentação, a glicose ($C_6H_{12}O_6$) é degradada em duas moléculas menores, com três átomos de carbono, o ácido pirúvico ($C_3H_4O_3$). Essa etapa é denominada glicólise, e é comum tanto para a fermentação como para a respiração aeróbica, processo que analisaremos posteriormente. Sendo uma reação que desprende energia, é denominada **exotérmica**.

Com energia liberada na glicólise, há formação de quatro moléculas de ATP (trifosfato de adenosina, um nucleotídeo formado por uma base nitrogenada — a adenina, um açúcar — a ribose, e três moléculas de ácido fosfórico) composto capaz de armazenar energia; e duas moléculas de $NADH_2$ (nicotinamida-adenina dinucleotídeo), moléculas transportadoras de hidrogênio.

Markus Steiger



Atenção: O saldo de ATP da glicólise é 2, mas há produção de 4 ATP, sendo que dois deles repõem os utilizados na ativação inicial da molécula de glicose.

Principais processos de fermentação

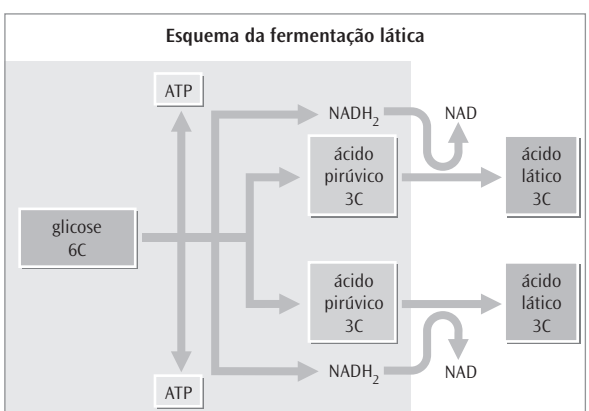
Fermentação láctica

É realizada por diversos organismos, entre eles os lactobacilos (bactérias em forma de bastão que utilizam energia resultante da degradação de moléculas de lactose, que é o açúcar do leite).

Por ação de enzimas digestivas, a lactose é desdobrada em glicose e galactose, que são monossacarídeos. Em seguida os monossacarídeos entram na célula bacteriana, onde ocorre a fermentação. Cada monossacarídeo dá origem a duas moléculas de ácido pirúvico, que é convertido em ácido láctico, responsável pelo coalho do leite. Os lactobacilos são utilizados na produção de iogurtes, leite fermentado, coalhadas etc. Algumas vitaminas, como as do complexo B, são produzidas em nosso intestino graças à ação dos lactobacilos.

A fermentação láctica pode ocorrer nas nossas células musculares. Quando submetemos nossas células musculares a uma atividade intensa, pode ocorrer que o oxigênio levado às células dos músculos não seja suficiente para suprir suas atividades energéticas; na falta do oxigênio, a célula realiza a fermentação, liberando ácido láctico para as células do músculo, o que produz dor, cansaço ou cãibra.

Markus Steiger



Equação = $C_6H_{12}O_6 \longrightarrow 2C_3H_6O_3 + 2ATP$

Glicose ⟶ ácido láctico + energia

Fermentação alcoólica

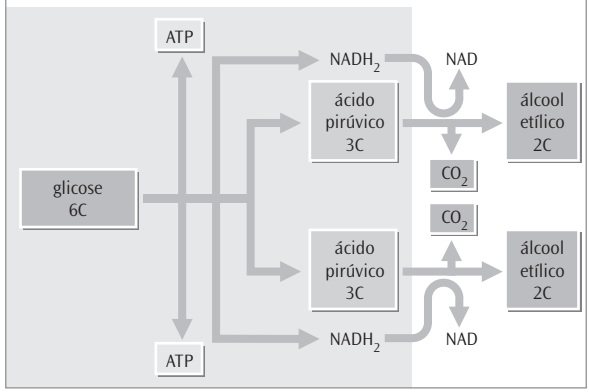
Ocorre entre algumas bactérias, em leveduras (fungos microscópicos) etc.

Na fermentação alcoólica, o ácido pirúvico libera inicialmente uma molécula de CO_2, recebendo posteriormente dois átomos de hidrogênio (H_2) da molécula de $NADH_2$, produzindo o álcool etílico.

Os micro-organismos responsáveis pela fermentação alcoólica são utilizados pelo ser humano na fermentação da uva, do malte e da cana-de-açúcar, produzindo respectivamente o vinho, a cerveja e a cachaça.

Markus Steiger

Esquema da fermentação alcoólica



Equação = $C_6H_{12}O_6 \longrightarrow 2C_2H_5OH + 2CO_2$

Glicose ⟶ álcool etílico + gás carbônico

Fermentação acética

Realizada por bactérias denominadas acetobactérias, produz o ácido acético, utilizado na fabricação do vinagre. O ácido acético é também responsável pelo azedamento do vinho e dos sucos de frutas.

$$C_3H_4O_3 \text{ (ácido pirúvico)} \xrightarrow[H^+]{CO_2} C_2H_3O \text{ (ácido acético)}$$

2NAD 2NADH

Respiração aeróbica

É o processo de obtenção de energia pela oxidação de moléculas orgânicas, tais como os carboidratos e lipídios, na presença de oxigênio.

A respiração aeróbica, que utiliza oxigênio para liberar energia, pode ser representada pela seguinte equação geral:

$$C_6H_{12}O_6 + 6\ CO_2 \longrightarrow 6CO_2 + 6H_2O + \text{energia}$$

glicose + oxigênio ⟶ gás carbônico + água + energia

As três etapas da respiração aeróbica

1ª Etapa: Glicólise

Ocorre no citoplasma e consiste na quebra parcial da molécula de glicose, carregando energeticamente duas moléculas de ATP e liberando duas moléculas de ácido pirúvico que são utilizadas na próxima etapa.

A glicólise da respiração é idêntica à da fermentação.

2ª Etapa: Ciclo de Krebs

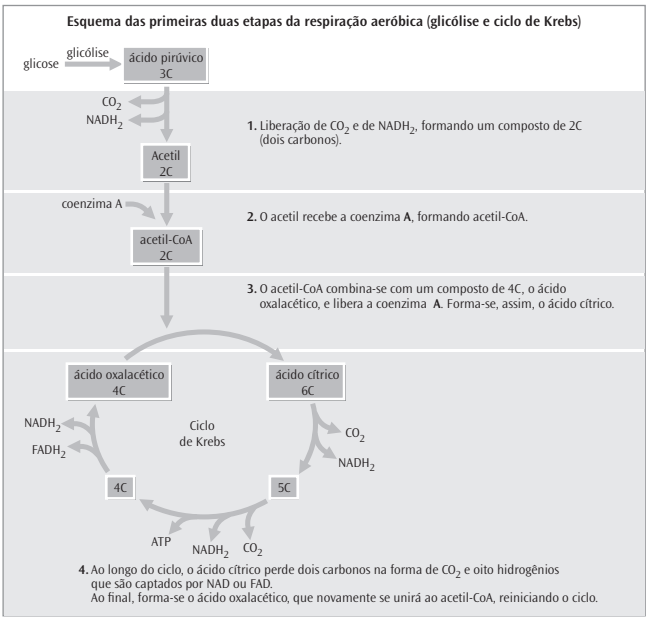
Estudado pelo bioquímico inglês Hans Krebs, ocorre no interior das mitocôndrias, mais especialmente na matriz mitocondrial. Neste ciclo, as duas moléculas de ácido pirúvico ($C_3H_4O_3$), resultantes da glicólise, serão desidrogenadas (perdem hidrogênio) e descarboxiladas (perdem carbono).

Os hidrogênios retirados são capturados por aceptores de hidrogênio, que podem ser o NAD (nicotinamida-adenina dinucleotídio) ou FAD (flavina-adenina dinucleotídio), com a consequente formação de $NADH_2$ e $FADH_2$.

O ácido pirúvico, perdendo hidrogênio e carbono, converte-se em aldeído acético. O aldeído acético se reúne a uma substância denominada coenzima A (CoA), formando acetil-CoA.

Esta, por sua vez, combina-se a um composto de quatro átomos de carbono, já existente na matriz mitocondrial, denominado ácido oxalacético. Nesse momento, inicia-se propriamente o ciclo de Krebs. A coenzima **A** apenas ajuda o aldeído acético a se ligar ao ácido oxalacético e não permanece no ciclo. Forma-se um composto de seis átomos de carbono, que é o ácido cítrico. Este ácido possui três carboxilas (-COOH); dessa forma, o ciclo de Krebs é também conhecido como ciclo do ácido cítrico, ou seja, do ácido tricarboxílico. O ácido cítrico sofre descarboxilações e desidrogenações, resultando em vários compostos intermediários. No final do processo, o ácido oxalacético é regenerado e devolvido à matriz mitocondrial. Nesse processo, cada acetil-CoA degradada libera três moléculas de $NADH_2$, uma molécula de $FADH_2$, duas moléculas de CO_2, que são expedidas para o meio, e uma molécula de ATP.

Markus Steiger


Esquema das primeiras duas etapas da respiração aeróbica (glicólise e ciclo de Krebs)
glicose
glicólise
ácido pirúvico 3C
CO_2
$NADH_2$
1. Liberação de CO_2 e de $NADH_2$, formando um composto de 2C (dois carbonos).
Acetil 2C
coenzima A
2. O acetil recebe a coenzima A, formando acetil-CoA.
acetil-CoA 2C
3. O acetil-CoA combina-se com um composto de 4C, o ácido oxalacético, e libera a coenzima A. Forma-se, assim, o ácido cítrico.
ácido oxalacético 4C
ácido cítrico 6C
$NADH_2$
$FADH_2$
Ciclo de Krebs
CO_2
$NADH_2$
4C
5C
ATP
$NADH_2$
CO_2
4. Ao longo do ciclo, o ácido cítrico perde dois carbonos na forma de CO_2 e oito hidrogênios que são captados por NAD ou FAD.
Ao final, forma-se o ácido oxalacético, que novamente se unirá ao acetil-CoA, reiniciando o ciclo.

3ª Etapa: Cadeia respiratória

Esta etapa ocorre nas cristas mitocondriais do interior das mitocôndrias.

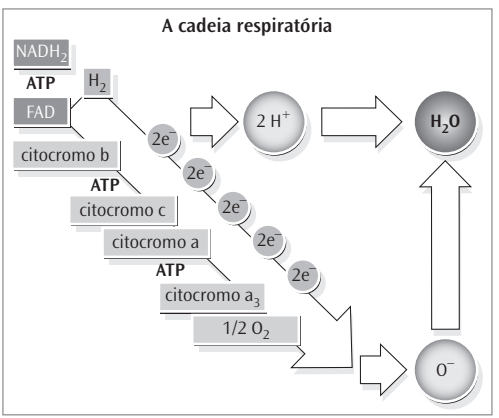
As moléculas de hidrogênio retiradas da glicose pelas moléculas de NAD e FAD, produzindo $NADH_2$ e $FADH_2$, durante a glicólise e o ciclo de Krebs, serão transportadas até o oxigênio, formando moléculas de água, liberando energia para a produção de ATP.

Na cadeia respiratória, as moléculas de NAD e FAD funcionam como transportadoras de hidrogênio.

A combinação de hidrogênio com oxigênio não se realiza de forma direta. Existem proteínas intermediárias denominadas citocromos, que permitem a liberação gradativa de energia. As

proteínas citocromos têm o papel de transportar os elétrons dos hidrogênios gradativamente.

Os hidrogênios liberam energia, utilizada na fosforilação (formação de ATP a partir de ADP + P). Depois de descarregados, já no final da cadeia respiratória, o hidrogênio combina-se com o oxigênio, formando água. Por ocorrer na presença do oxigênio, a fosforilação é denominada oxidativa.



Saldo energético da respiração aeróbica, a partir da degradação de uma molécula de glicose:

Etapa	Hidrogênio	ATP
Glicólise	2 $NADH_2$	4 ATP
Ciclo de Krebs 2 moléculas de ácido pirúvico, portanto, 2 voltas	8 $NADH_2$ 2 $FADH_2$	2 ATP
Cadeia respiratória	10 $NADH_2$ 2 $FADH_2$ Total geral Gasto 2 ATP na glicólise Saldo líquido	30 ATP 4 ATP 40 ATP - 2 ATP 38 ATP

Equação: $C_6H_{12}O_6 \longrightarrow 6CO_2 + 6H_2O + 38\ ATP$

Fotossíntese

A Bioenergética encarrega-se de estudar as formas de captação da energia e de todas as transformações que ela pode sofrer nos organismos vivos. Os seres fotossintetizantes são os captadores e fixadores da energia luminosa, e por meio de um conjunto de reações químicas transformam a energia luminosa em energia química, formando compostos orgânicos que servem de alimento aos seres vivos. Com exceção das cianobactérias (bactérias fotossintetizantes), cuja clorofila se encontra dispersa pelo citoplasma, nos demais seres autótrofos ou autotróficos fotossintetizantes a clorofila está localizada no interior dos cloroplastos ou, mais especificamente, nas lamelas ou grana dos cloroplastos.

Para que a fotossíntese ocorra, há necessidade de luz, água e gás carbônico, podendo ser representada pela equação endergônica (precisa ganhar energia para ocorrer).

$$6CO_2 + 6H_2O + luz \longrightarrow C_6H_{12}O_6 + 6O_2$$

gás carbônico + água + luz ⟶ glicose + oxigênio

Por meio de um experimento, em que a H_2O fornecida à planta contém isótopo de oxigênio (^{18}O) e CO_2 com oxigênio normal (^{16}O), verificou-se que, ao final da reação, o oxigênio liberado é o isótopo (^{18}O), do que se conclui que o oxigênio desprendido no processo da fotossíntese vem da água; então, a equação mais adequada do processo é:

$$6CO_2 + 12H_2O \xrightarrow{\text{luz e clorofila}} C_6H_{12}O_6 + 6H_2O + 6O_2$$

As etapas da fotossíntese

A fotossíntese se realiza em duas etapas. A etapa de claro, ou etapa fotoquímica, que depende diretamente da luz; e a etapa de escuro, ou seja, química, em que a luz não se faz necessária. A etapa química depende dos produtos elaborados na etapa fotoquímica para ocorrer.

Etapa de claro ou fotoquímica

Ocorre nas partes clorofiladas dos cloroplastos. A descarga de luz incide sobre as moléculas de clorofila. Ao absorver a luz, elétrons da molécula de clorofila têm seu nível energético aumentado e desprendem-se da molécula de clorofila. Se a clorofila for do tipo "a", o elétron desprendido é recolhido por enzimas aceptoras de elétrons (ferridoxiria e citocromo). Ao passar pelas enzimas aceptoras de elétrons, o mesmo descarrega o excesso de energia, voltando ao seu nível normal, e retorna à molécula de clorofila "a", de onde saiu. A energia por ele desprendida é aproveitada por moléculas de ATP (difosfato de adenosina), que, com a energia recebida, passam à condição de ATP (trifosfato de adenosina), processo denominado fotofosforilação cíclica.

Fosforilação = transformação de ADP em ATP (ganha um fosfato).

Cíclica = elétrons desprendidos da molécula de clorofila "a" voltam a ela novamente.

Se o elétron desprendido for da clorofila "b", o processo é o mesmo da clorofila "a", só que o elétron desprendido, voltando ao seu nível energético normal, não volta à molécula de clorofila de origem, e é entregue a uma molécula de NAD (nicotinamida-adenina dinucleotídeo), que fica reduzida a NADP, processo denominado fotofosforilação acíclica.

Paralelo a esses processos, e sob a ação da luz, as moléculas de água se quebram, liberando O_2 (oxigênio). O NADP recebe os

hidrogênios da água e reduz-se a $NADPH_2$, processo denominado fotólise da água ou reação de Hill.

Equação da fotólise da água:

$$2H_2O + \text{luz} \longrightarrow 4H^+ + 4\,e^- + O_2$$

clorofila

$$4H^+ + 2NADP \longrightarrow 2NADPH_2$$

Saldo da etapa de claro ou fotoquímica:

Produção de ATP ⟶ utilizado posteriormente na etapa de escuro.

Produção de $NADPH_2$ ⟶ fornecerá hidrogênio ao CO_2 na fase escuro, produzindo glicose.

Etapa de escuro ou química

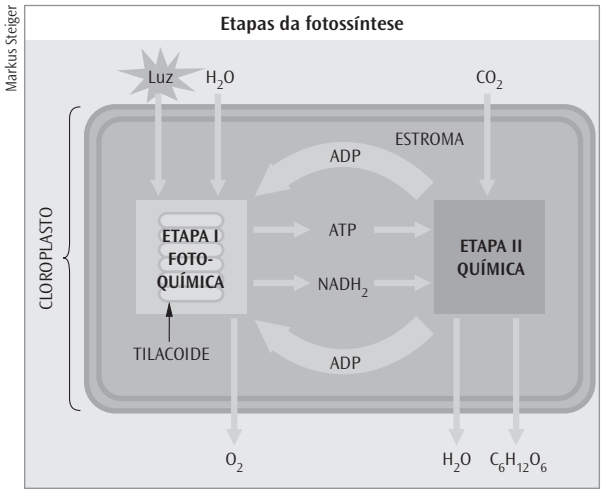
Ocorre no estroma, parte desprovida de clorofila dos cloroplastos, onde se encontram moléculas de DNA, RNA e ribossomo.

Esta etapa é mais lenta e conta com a participação de inúmeras enzimas, conhecida também como etapa enzimática. Consiste em um conjunto de reações químicas que, utilizando a energia armazenada em moléculas de ATP da fase claro, permite a combinação de CO_2 com H_2O, formando glicose.

A combinação não ocorre diretamente: o CO_2 e a H_2O reagem inicialmente com um composto, formado de cinco carbonos (pentose), a rebose-difosfato (RDP), que depois de várias reações formará a glicose.

A pentose utilizada é restaurada no final. Essa série de reações recebe o nome de ciclo das pentoses ou ciclo de Calvin. As reações dessa fase podem ser expressas com a seguinte equação:

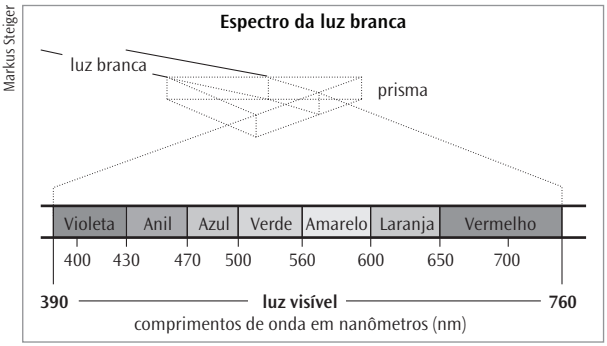
$$6CO_2 + 12NADPH_2 + ATP \xrightarrow[\text{enzimas}]{} C_6H_{12}O_6 + 6H_2O + 12NADP$$



Fotossíntese e o espectro da luz branca

A luz branca (do Sol) é formada por um conjunto de radiações eletromagnéticas de vários comprimentos de ondas, que variam numa escala de 350 nm (nanômetro), correspondente à violeta, a 760 nm, correspondente ao vermelho (espectro visível aos nossos olhos).

As radiações, que vão de um extremo ao outro, não são absorvidas com a mesma intensidade pela clorofila. Medindo a quantidade de energia absorvida pela clorofila em cada onda de radiações que compõe o espectro visível, utilizando-se o aparelho espectrofotômetro, verificou-se que as radiações azul e vermelha (comprimento de ondas de 450 nm a 700 nm, respectivamente) são as mais absorvidas e nas quais a taxa da fotossíntese é relativamente alta. E as radiações verde e amarela (comprimento de onda de 500 nm a 580 nm, respectivamente) são as menos absorvidas. Portanto, uma planta submetida à luz verde praticamente não realiza fotossíntese.

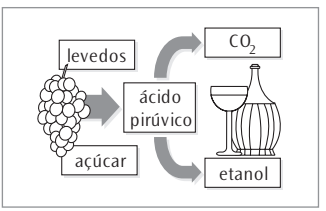

Markus Steiger
Espectro da luz branca
luz branca
prisma
Violeta
Anil
Azul
Verde
Amarelo
Laranja
Vermelho
400
430
470
500
560
600
650
700
390
luz visível
760
comprimentos de onda em nanômetros (nm)

Teste seu saber

1. **(Cesgranrio-RJ) Dentre os processos de obtenção de energia pelos seres vivos, o mais vantajoso é a respiração. Sob o ponto de vista energético, a etapa da respiração aeróbica que se assemelha à fermentação é:**

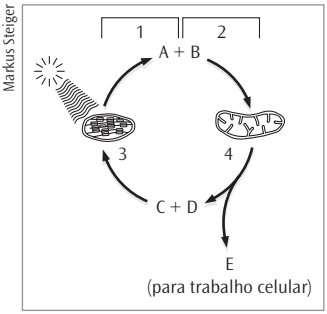
a) glicólise, com produção de 2 moléculas de ATP por molécula de glicose.
b) via das pentoses, com produção de 6 moléculas de ATP por molécula de glicose.
c) sistema transportador de elétrons, com produção de 26 moléculas de ATP por molécula de glicose.
d) cadeia respiratória, com produção de 32 moléculas de ATP por molécula de glicose.
e) fosforilação oxidativa, com produção de 38 moléculas de ATP por molécula de glicose.

2. **(Cesgranrio-RJ) Indique a alternativa correta para o fenômeno apresentado de forma muito simplificada.**



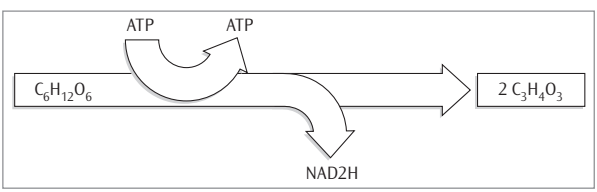
	Fenômeno	Característica
a)	Respiração celular	Realiza-se em presença de O_2
b)	Fermentação bacteriana	Produz pouco açúcar
c)	Fermentação alcoólica	Produção baixa de ATP
d)	Respiração aeróbica	Mais eficiente em produzir ATP
e)	Fermentação láctica	Degradação completa da glicose

3. O esquema abaixo representa o fluxo de energia biológica.



a) Que processos do metabolismo celular 1 e 2 representam?
b) Que organelas estão representadas em 3 e 4?
c) O que A + B e C + D representam?
d) O que E representa?

4. **(FEPA) A respiração em nível intracelular é o processo de obtenção de energia através da degradação de um substrato e que ocorre em várias etapas. Esta degradação pode ainda se realizar na presença ou não de oxigênio. O esquema abaixo representa uma das etapas deste processo; observe-o e responda:**



a) Qual a etapa em foco?
b) Em que região da célula ocorre esta etapa?
c) Em que consiste a referida etapa?
d) Para esta etapa, se faz necessário o oxigênio? Justifique.
e) Quantas moléculas de ATP são produzidas e quantas são consumidas nesta etapa?

Descomplicando a Biologia

(Enem-2009) Os planos de controle e erradicação de doenças em animais envolvem ações de profilaxia e dependem em grande medida da correta utilização e interpretação de testes diagnósticos. O quadro mostra um exemplo hipotético de aplicação de um teste diagnóstico.

condição real dos animais			total
resultado do teste	infectado	não infectado	
positivo	45	38	83
negativo	5	912	917
total	50	950	1.000

Manual Técnico do Programa Nacional de Controle e Erradicação da Brucelose e da Tuberculose Animal – PNCEBT. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2006 (adaptado).

Considerando que, no teste diagnóstico, a sensibilidade é a probabilidade de um animal infectado ser classificado como positivo e a especificidade é a probabilidade de um animal não infectado ter resultado negativo, a interpretação do quadro permite inferir que

a) a especificidade aponta um número de 5 falsos positivos.
b) o teste, a cada 100 indivíduos infectados, classificaria 90 como positivos.
c) o teste classificaria 96 como positivos em cada 100 indivíduos não infectados.
d) ações de profilaxia são medidas adotadas para o tratamento de falsos positivos.
e) testes de alta sensibilidade resultam em maior número de animais falsos negativos comparado a um teste de baixa sensibilidade.

Resolução e comentários

A alternativa correta é a **b**.

Como mostra a tabela, o total de pessoas infectadas é de 50, das quais 45 são classificadas como positivas e 5 como negativas. Então podemos concluir que, de cada 100 infectados, 90 serão positivos.

6 Taxonomia dos seres vivos

Classificando a diversidade biológica

Desde épocas remotas, quando os seres humanos passaram a deixar vestígios de sua existência na Terra, percebemos o interesse que tinham em conhecer melhor o mundo em que viviam e suas relações com os demais seres vivos.

Com o avanço de seus conhecimentos, eles passaram a perceber que, para conhecer melhor a imensa diversidade de espécies que habitam a Terra, teriam de organizar uma estrutura que facilitasse seus estudos.

Começaram por agrupar os seres vivos, estabelecendo para isso alguns critérios, tais como as características externas comuns a alguns seres vivos.

A área da Biologia que se preocupa com a taxonomia e com a compreensão da filogênia dos grupos é a Sistemática, e a parte da Biologia que procura organizar e classificar os seres vivos é conhecida como Taxonomia.

Com o decorrer do tempo, foram propostos vários sistemas para classificar os seres vivos. As primeiras classificações baseavam-se nas características externas e, quanto mais parecidos, maior seria o grau de parentesco. Com o passar dos tempos, os métodos de classificação foram se modernizando e sendo codificados por meio de nomenclatura própria.

Em 1735, o botânico sueco Carl von Linné (Lineu) estabeleceu um sistema para classificar os seres vivos, propondo também os nomes para cada agrupamento, obedecendo sempre a uma hierarquia.

Nessa hierarquia, a unidade de classificação é a espécie, que Lineu definiu como sendo um agrupamento de seres vivos com características semelhantes anatomicamente, ausentes em outras espécies. No século XVII, dominava o pensamento fixista ou da imutabilidade das espécies, ou seja, os seres foram criados a partir de uma forma fixa e imutável, e todos os demais eram cópias do original. Quando não idênticas, falava-se em cópias imperfeitas do ideal. O sistema de classificação estabelecido por Lineu, apesar de ter sofrido algumas adaptações, é válido até hoje, tendo estabelecido o termo *espécie* como sendo a unidade de classificação. Espécies semelhantes foram agrupadas em outra categoria: o gênero.

Do mesmo modo, os gêneros podem ser reunidos, formando famílias. Famílias podem ser reunidas, formando ordens. Ordens são reunidas em classes. As classes podem ser reunidas, formando filos. Filos se reúnem formando reinos. O reino é a categoria taxonômica mais abrangente de classificação.

Sistema de classificação e nomenclatura

Lineu não só classificou os seres vivos dentro de categorias hierárquicas como também adotou um sistema de nomenclatura, que é utilizado até hoje, conhecido como sistema binominal de nomenclatura. Isso quer dizer que o nome de uma espécie é sempre composto, ou seja, formado por duas palavras. O primeiro nome se refere ao gênero, e o conjunto dos nomes, à espécie. Por exemplo: o cão e o lobo pertencem ao mesmo gênero – *Canis* – mas pertencem a espécies diferentes. O cão pertence à espécie *Canis familiares,* e o lobo, à espécie *Canis lupus*.

Quanto ao idioma em que deve ser escrito o nome científico, Lineu concluiu que o ideal seria utilizar uma nomenclatura universal (comum a todos os cientistas, independentemente da nacionalidade) e que não sofresse modificações. O latim, por ser uma língua morta, foi a escolhida. Com essas propostas, Lineu teve o mérito de uniformizar universalmente a nomenclatura dos seres vivos.

As principais regras de nomenclatura

- Todo nome científico deve ser escrito em latim.
- O nome científico de um ser vivo deve sempre ter duas palavras: a primeira refere-se ao gênero, e o conjunto das duas, à espécie.
- O nome do gênero deve ser escrito com inicial maiúscula, e a palavra seguinte com minúscula; exemplos: *Homo sapiens* (homem) *Canis familiaris* (cão), *Zea mays* (milho).
- O nome científico deve ser escrito de modo a se destacar do texto (manuscrito, deve ser sublinhado, e em imprensa, deve-se utilizar o itálico).
- Quando ocorrem subdivisões das categorias taxonômicas, por exemplo: subespécie, subgênero, subclasse etc., o nome da subespécie deve vir depois do nome da espécie e em letra minúscula. Exemplo: *Crotalus terrificus durissus* (cascavel da América Central).
- O nome científico do subgênero deve vir entre o nome do gênero e da espécie, e deve ser escrito entre parênteses e com a inicial maiúscula. Exemplo: *Anophheles (Nyssurhyunchus) darlingi* (um tipo de mosquito).
- Quando se deseja mencionar o autor e a data que descreve a espécie, seu nome e data vêm depois da espécie. Exemplo: *Trypanosoma cruzi Chagas, 1909* (protozoário que transmite a doença de Chagas).
- O nome das famílias deriva do gênero, acrescido da terminação *idae*. Exemplificando: *Homo* (gênero da espécie humana) família Hominidae.

Com o passar dos tempos, os critérios de classificação foram tomando novos rumos, pois a humanidade, acumulando conhecimentos, passou a contestar alguns princípios estipulados por Lineu, como a idéia da imutabilidade ou fixismo.

Com os trabalhos de Darwin sobre a evolução das espécies e o processo de seleção natural, prevaleceu a ideia de que os organismos mais bem adaptados ao meio têm maiores chances de sobrevivência. E a seleção natural, agindo sobre determinado grupo, pode provocar transformações, e até a constituição de uma nova espécie, contestando assim a ideia de Lineu de que as espécies eram imutáveis.

Atualmente, os recursos que permitem determinar o grau de parentesco entre seres vivos estão bastantes sofisticados. Semelhanças são examinadas até o nível de DNA: a sequência de aminoácidos em uma proteína varia de espécie para espécie. Por isso, quanto maior forem as diferenças entre as sequências de aminoácidos, menor será o grau de parentesco.

A diferenciação de espécie proposta por Lineu passou a ter uma nova definição nos dias de hoje. Espécie é o conjunto de populações naturais, que possuem habilidade de intercruzando originar descendentes férteis, e que se encontram reprodutivamente isolados de outros grupos.

Diversidade dos seres vivos e critérios de agrupamento dos reinos

Por muitos anos, os seres vivos foram classificados em dois grandes reinos: animal e vegetal. Posteriormente, outras classificações foram propostas. Em 1969, o cientista americano R. H. Whittaker propôs outra classificação para os seres vivos, dividindo-os em cinco reinos: Monera, Protoctista, Fungi, Plantae (ou Metaphyta) e Animalia (ou Metazoa). Essa classificação foi amplamente utilizada.

A classificação em cinco reinos agora é contestada por alguns cientistas, que propõem a classificação em oito reinos. Esse sistema divide o reino Monera em dois reinos (Bacteria e Archea) e o reino Protoctista em três reinos (Archeozoa, Protozoa e Chromista).

Embora já haja discussão sobre a divisão dos seres vivos em cinco reinos, este livro adotará esse sistema, pois ainda é o mais utilizado.

Reino Monera

Formado por organismos unicelares, procariontes (desprovidos de membrana nuclear). São as bactérias e as cianobactérias.

Reino Protoctista

Formado por organismos eucariontes (células mais complexas, cujo material genético encontra-se delimitado no citoplasma pela membrana nuclear), sem tecidos organizados. São protistas: os protozoários (ameba, giárdia) e as algas (protófitas).

Reino Fungi

Formado por fungos uni ou pluricelulares, eucariontes, microscópicos (leveduras) ou macroscópicos (cogumelos).

Reino Plantae ou Metaphyta

Formado por organismos pluricelulares, eucariontes, autótrofos. São os vegetais aquáticos ou terrestres.

Reino Animalia ou Metazoa

Formado por organismos pluricelulares, eucariontes heterótrofos. São os animais.

Teste seu saber

1. **(Ufes) Têm maior grau de semelhança entre si dois organismos que estão colocados dentro de uma das seguintes categorias taxionômicas:**
a) classe b) divisão c) família d) gênero e) ordem

2. **(Cesgranrio-RJ) Com referência ao *Homo sapiens*, assinale a sequência abaixo que exprime o grau de complexidade taxionômica da espécie humana:**
a) Hominidae, *Homo sapiens*, Homo, Chordata, Primata, Mammalia, Vertebrata
b) Chordata, Mammalia, Vertebrata, Homo, Hominidae, Primata, *Homo sapiens*
c) Mammalia, Vertebrata, Chordata, Primata, Hominidae, Homo, *Homo sapiens*
d) Chordata, Vertebrata, Mammalia, Primata, Hominidae, Homo, *Homo sapiens*

3. **(UECE) Na classificação dos seres vivos, um conjunto de famílias chama-se:**
a) gênero b) ordem c) classe d) reino

4. **(Fuvest-SP) Um paleontólogo constatou inúmeras semelhanças morfológicas entre os fósseis X e Y, e grandes diferença entre esses dois e um terceiro fóssil Z. Constatou também acentuada semelhança entre o fóssil Z e um quarto fóssil: W. Dentre as classificações abaixo, qual apresenta maior concordância com os dados?**
a) Os quatro fósseis pertencem à mesma espécie, mas o gênero é diferente.
b) Cada fóssil pertence a um reino diferente.
c) Os quatro fósseis pertencem ao mesmo filo, sendo que X e Y pertencem a um gênero e Z e W a outro gênero.
d) Os quatro fósseis pertencem ao mesmo filo, sendo que X e Y pertencem a um reino e Z e W a outro reino.
e) Os quatro fósseis pertencem ao mesmo gênero, sendo que X e Y pertencem a um filo e Z e W a outro filo.

5. **(Fuvest-SP) "Organismos eucarióticos, multicelulares, heterotróficos e com revestimento de quitina".**
a) Quais organismos podem ser incluídos nessa descrição?
b) A quitina e a celulose têm estruturas químicas semelhantes. Que funções essas substâncias têm nos organismos em que estão presente?

6. (Ufop-MG) Um aluno, ao redigir um trabalho em sua escola, citou nomes científicos, dentre eles:

a) Trypanosoma Cruzi
b) Rana sculenta marmorata
c) Anopheles (Nyssorhynchus) darlingi
d) Carica papaya

Comente as regras de nomenclatura nesses nomes científicos.

7. (UFJF-MG) Quantos e quais são os reinos dos organismos vivos? Caracterize estes táxons.

8. (Fuvest-SP) "[...] se o naturalista quisesse investigar [...] as formas humanas [...], veria no Brasil uma população imensa, mestiça de negros e portugueses; [...] Em muitas regiões do mesmo continente, encontraria os mais completos cruzamentos entre negros, índios e europeus; e estas tríplices alianças nos oferecem a prova mais rigorosa da mútua fertilidade das formas genitoras. [...] As raças humanas não são, pois, bastante distintas para habitar um mesmo país sem se misturar." (Charles Darwin, *A origem do homem*)

Comente o trecho acima, baseando-se no conceito biológico da espécie.

Descomplicando a Biologia

(Unicamp-SP) ***Leptodactylus labyrinthicus*** é um nome aparentemente complicado para um anfíbio que ocorre em brejos do estado de São Paulo. Justifique o uso do nome científico em vez de, simplesmente, "rã-pimenta", como dizem os pescadores.

Resolução e comentários

O nome científico identifica uma espécie de ser vivo em qualquer lugar e pode ser compreendido por qualquer pesquisador no mundo. Já o nome popular sofre variações de acordo com a região ou população que o adota, o que pode levar à confusão de interpretação.

7 Vírus: um caso à parte

Características gerais dos vírus

Visíveis apenas ao microscópio eletrônico, os vírus são seres extremamente pequenos. Diferem dos demais seres vivos por não apresentar uma estrutura celular, sendo denominados, portanto, de seres acelulares. Em sua constituição, apresentam moléculas de ácidos nucleicos (DNA ou RNA) e proteínas. Fala-se em vírus de DNA e vírus de RNA.

Devido à simplicidade de sua estrutura, são incapazes de se reproduzir independentemente. Sua reprodução depende da estrutura presente nas células de outros seres vivos. São, portanto, parasitas intracelulares obrigatórios. Uma vez instalado, o vírus comanda o metabolismo da célula, que passa a produzir novos vírus. Devido à sua ação parasitária, são causadores de inúmeras doenças que afetam vegetais e animais.

Estrutura viral

Os vírus são constituídos por uma cápsula proteica denominada capsídio. O capsídio envolve e protege as moléculas dos ácidos nucleicos.

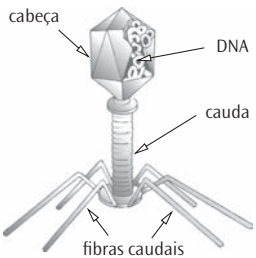
As proteínas do capsídio são específicas para cada tipo de vírus. Essa especificidade das proteínas permite ao vírus identificar as células mais adequadas para hospedá-las.

Reprodução dos vírus de DNA

Os vírus só se reproduzem no interior de uma célula hospedeira, infectando-a, e, na maioria das vezes, causando doenças. Analisemos a reprodução de um vírus que ataca as células de bactérias, denominado **bacteriófago**.

Ivan Coutinho

Esquema de um vírus bacteriófago



Quando o vírion (nome dado ao vírus que se encontra fora da célula) encosta na membrana de uma bactéria, libera enzimas que a perfuram e a molécula de DNA viral é injetada na célula.

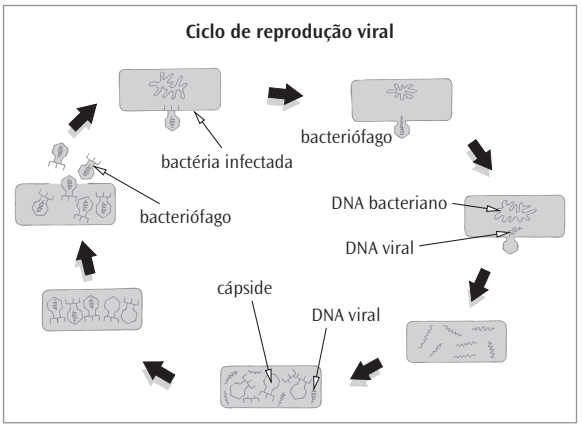
Uma vez no interior da célula da bactéria, o DNA viral passa a comandar a produção de enzimas, que inibem as atividades do metabolismo genético da bactéria. Com isso, o DNA viral assume o controle do metabolismo bacteriológico, utilizando suas enzimas e seus nucleotídeos para fabricar cópias de si mesmo.

O DNA viral, uma vez multiplicado, passa a comandar a síntese de proteínas, que servirão para formação de novas cápsulas. As novas cápsulas passam a envolver moléculas do DNA viral, e, em menos de uma hora, cerca de 100 a 200 novos vírus são reproduzidos.

Em seguida, ocorre lise ou ruptura da membrana da bactéria, e os novos vírus se dispersam e atacam novas bactérias.

Quando ocorre morte da célula infectada, o ciclo recebe o nome de lítico, e os vírus, de virulentos. Quando a célula infectada é preservada, o DNA viral não inibe o metabolismo do DNA bacteriano, mas se integra a ele, duplicando-se conjuntamente, o ciclo é denominado lisogênio, e os vírus, temperados ou não virulentos.

Ivan Coutinho



Reprodução dos vírus de RNA

Quando o material genético do vírus for RNA, a reprodução pode ser de dois tipos:

- Instalado no interior da célula hospedeira, o RNA viral duplica-se, dando origem a inúmeras cópias, e comanda a síntese de proteínas que forma os novos capsídios.
- Um grupo de vírus denominados retrovírus possui em sua constituição a enzima transcriptase reversa, que é capaz de inverter o processo que ocorre normalmente nos seres vivos, em que o DNA sintetiza o RNA (transcrição). Atuando sobre a molécula de RNA, a enzima transcriptase reversa comanda a síntese do DNA (cadeia simples) a partir do molde da molécula de RNA viral. Em seguida, a molécula de DNA sintetizada separa-se do RNA que lhe deu origem. Enzimas presentes na célula completam a molécula de DNA (estrutura em dupla hélice), que passa a sintetizar moléculas de RNA, que passam a comandar a síntese de proteínas, que irão constituir o material genético de outros retrovírus.

Retrovírus = RNA ⟶ DNA ⟶ RNA ⟶ Proteínas

Principais viroses

Os vírus são agentes causadores de inúmeras doenças do homem, dos animais e dos vegetais, e para combatê-los contamos praticamente com nossas defesas naturais (os anticorpos e o interferon – proteína específica no combate aos vírus) e defesas artificiais (vacinas e soros).

São raros os medicamentos que se mostram eficazes no combate às viroses.

AIDS (Síndrome da Imunodeficiência Adquirida)

Origem da doença

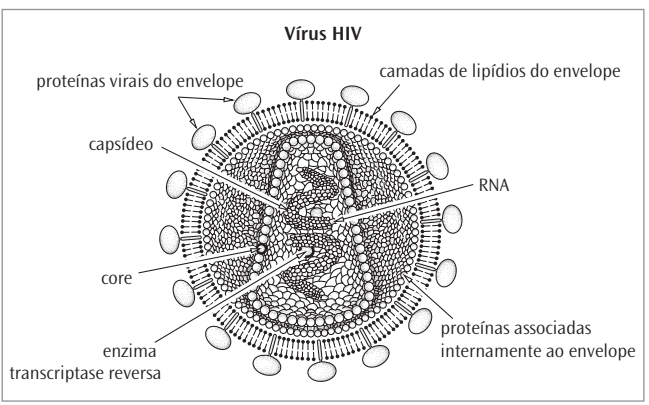
Acredita-se que o vírus HIV é consequência de uma mutação, a partir do vírus STLV-III, presente no macaco verde africano. Em consequência da mutação, esse vírus foi convertido no HIV-1 e no HIV-2. Após sofrer mutação, o vírus passou do macaco para o ser humano, provavelmente na década de 1970. Os primeiros casos estudados ocorreram nos Estados Unidos, em 1981, e posteriormente a doença se irradiou para todo o mundo.

Agente etiológico e sua ação no organismo

O vírus HIV é o agente etiológico. Seu material genético é constituído de RNA, do tipo retrovírus. Atua no organismo destruindo um tipo de leucócito (glóbulo branco) que circula pelo sangue, o linfócito T. O linfócito T é fundamental no combate às células infectadas pelo vírus, e é o desencadeador da ação dos linfócitos B, que produzem anticorpos. Com a destruição dos linfócitos T pelo vírus, todo o sistema imunológico é afetado, tornando-se suscetível a qualquer tipo de infecções, manifestações clínicas e doenças oportunistas.

Geralmente, a doença inicia-se com emagrecimento acentuado, aumento de volume dos gânglios em várias regiões do corpo, febres constantes, diarreia e tosse persistentes. Em seguida é possível que surjam as doenças oportunistas, por exemplo, o sarcoma de Kaposi – uma espécie de câncer de pele, extremamente raro e benigno, que atinge normalmente pessoas de idade avançada, mas que, para soropositivos, pode assumir caráter maligno, com invasão de órgãos internos. Também a tuberculose, o herpes, a pneumonia podem atacar pessoas soropositivas.

Ivan Coutinho



Transmissão do vírus

A transmissão se dá pelo contato com o sangue de pessoa contaminada, por relações sexuais, por transfusões do sangue ou produtos sanguíneos contaminados, pelo uso de agulhas e seringas contaminadas, normalmente utilizados por indivíduos usuários de drogas, e também durante o parto ou a amamentação, em que a mãe pode transmitir a doença ao filho.

Medidas de prevenção ou profiláticas

- Manter relações sexuais com o uso de preservativos.

- Conhecimento prévio, nas transfusões sanguíneas, da qualidade do sangue doado.
- Esterilização de materiais cirúrgicos e odontológicos.
- Utilizar agulhas e seringas descartáveis.
- Ter sempre instrumentos cortantes próprios, tais como: alicates de cutícula, lâminas de barbear, navalhas etc.
- Mulheres portadoras de HIV devem ser bem orientadas pelo médico durante a gravidez e após o nascimento do bebê.

Dengue

Doença infecciosa de origem virótica, transmitida pela picada de dois tipos de mosquitos: a fêmea do *Aedes aegypti* e a fêmea do *Aedes albopictus*.

O mosquito *Aedes aegypti* é o transmissor mais comum no Brasil e apresenta as seguintes características: porte pequeno, cor escura, normalmente vive em regiões urbanas e se reproduz em água parada, como lagos, lagoas, dentro de pneus, garrafas e vasos onde a água fica depositada, servindo de criadouro para o mosquito.

A doença se caracteriza pelos seguintes sintomas:

- Febre súbita, dores musculares intensas, dores nas articulações, cefaleia, náuseas, vômitos, falta de apetite, diarreias, fotofobia (aversão à luz), lacrimação e manchas vermelhas pelo corpo. Os sintomas da dengue geralmente se manifestam após dias, período em que o vírus permanece incubado.
- Existem dois tipos de dengue: a clássica ou comum (sintomas já descritos) e a hemorrágica. A dengue hemorrágica apresenta os sintomas da dengue clássica e pode também apresentar quadro de hemorragias digestivas, distúrbios do processo de coagulação do sangue, aumento do tamanho do fígado, alterações da pressão arterial, podendo levar à morte, quando não tratada adequadamente.

Medidas profiláticas

A medida mais eficaz é o extermínio do agente vetor, que é o mosquito. E para tanto devemos promover ações para evitar que o *Aedes aegypti* se reproduza, tais como: tampar caixas de água, não deixar vasilhames com água parada, usar telas protetoras nas janelas, usar inseticidas e desinfetantes na casa.

Sarampo

Doença de origem virótica, que ataca principalmente crianças até 10 anos; esporadicamente ocorrem alguns casos em adultos.

O vírus causador dessa doença é transmitido diretamente de uma pessoa para outra, por meio de gotículas contaminadas, expelidas com a tosse, espirros ou mesmo pela conversa com pessoas doentes.

A doença se caracteriza por febre, tosse, manchas vermelhas pelo corpo, lacrimejamento e fotofobia (aversão à luz).

A prevenção é feita por vacinas. E, quando não ocorrem complicações, o doente fica curado em poucos dias.

Febre amarela

A febre amarela é uma doença infecciosa aguda, febril, causada por um vírus (arbovírus) do gênero *Flavivirus* da família *Flaviviridae*, seu genoma é de RNA. Em suas formas mais graves, pode comprometer o fígado e os rins, causando a icterícia progressiva (derramamento da bilirrubina em diversos tecidos do corpo, espalhando-se também pela corrente sanguínea, o que resulta em uma cor amarelada na pele e nos olhos), queda da pressão arterial, sangramento nasal, bucal, cutâneo, no vômito e nas fezes. Esses sangramentos podem causar a morte se não houver tratamento imediato.

Há dois tipos diferentes de febre amarela: a urbana e a silvestre. Ambas apresentam praticamente os mesmos sintomas e são transmitidas pela picada de mosquitos transmissores do vírus.

A forma urbana é transmitida pelo mosquito *Aedes aegypti*, que se infectou com o vírus ao picar uma pessoa portadora da doença.

Ciclo de transmissão da forma urbana da febre amarela

Ser humano ⇒ mosquito ⇒ ser humano

A forma silvestre é transmitida pelos mosquitos dos gêneros *Haemagogus* e *Sebathes*, que vivem em florestas, matas, cerrados e áreas rurais. Esses mosquitos atacam preferencialmente os macacos e ocasionalmente os seres humanos.

Ciclo de transmissão da forma silvestre da febre amarela

macaco ⇒ mosquito ⇒ ser humano

Prevenção

- Vacinação – a vacina é administrada em dose única e a partir dos 9 meses de idade. É válida por dez anos.
- Uso de repelentes.
- Uso de telas de proteção nas janelas e portas.
- Erradicação dos locais de reprodução dos mosquitos transmissores. Para isso, deve-se:
  - Substituir a água dos vasos de plantas por terra e manter seco o prato coletor.
  - Para regar as plantas, utilizar água tratada com cloro. (40 gotas de água sanitária para um litro de água)
  - Desobstruir as calhas do telhado, para que não ocorra acúmulo de água.
  - Não deixar recipientes que possam acumular água da chuva.
  - Manter sempre tapadas as caixas d'água, cisternas, barris e filtros.
  - Acondicionar o lixo domiciliar em sacos plásticos.

Antes de viajar procure informar-se se há risco de transmissão da doença e consulte um médico ou os núcleos de atendimento ao viajante para esclarecimentos dos cuidados preventivos e vacinação.

Outras viroses comuns

A seguir, veja alguns exemplos de viroses comuns. Em todos os casos, sempre procure um médico antes de tomar qualquer medicação. Os sintomas de algumas viroses são parecidos e, em alguns casos, os remédios podem agravar a doença ao invés de aliviar os sintomas.

Gripe	
Sintomas	Calafrios, febre alta, dores de cabeça e musculares, dor de garganta, vermelhidão da face e olhos brilhantes.
Transmissão	Direta, por gotículas expelidas por doentes; indireta, por objetos contaminados.
Profilaxia	Há vacinas, mas devem ser tomadas periodicamente, pois o vírus é mutante; evitar expor o corpo à friagem e debilitação física.
Tratamento	O próprio organismo combate a enfermidade com eficiência, porém podem-se usar antitérmico e ácido acetilsalicílico (AAS) para aliviar os sintomas. Em casos de crianças muito pequenas é aconselhável a utilização de penicilina G para evitar complicações.

Poliomielite	
Sintomas	Em algumas pessoas, febre baixa, mal-estar e indisposição em geral. Em alguns casos, pode levar a paralisia e atrofia muscular.
Transmissão	Gotículas de saliva, secreção nasal, alimentos ou objetos contaminados e água contaminada.
Profilaxia	Vacina
Tratamento	Não há tratamento próprio, podem-se usar compressas quentes para auxiliar o tratamento da forma paralítica da doença.

Raiva	
Sintomas	Primeira fase: sonolência ou torpor, sensação de calor ou de frio em redor do local da mordedura, irritabilidade, salivação, lacrimejamento e insônia. Segunda fase: espasmos da garganta, dificuldade de alimentar-se ou beber líquidos, convulsões e dificuldade respiratória. Terceira fase: paralisia, coma e morte.
Transmissão	Mordida ou contato com a saliva de animais raivosos.
Profilaxia	Vacinação de animais domésticos; quando entrar em contato com a saliva de algum animal contaminado, como o cachorro ou até mesmo um morcego, procurar assistência médica.
Tratamento	Não há tratamento próprio: uma vez declarada a doença, o animal deve ser preso e observado por dez dias, o local da mordida deve ser limpo com uma solução de sabão antisséptico; no caso de ferida profunda, usar uma solução de ácido nítrico.

Hepatite	
Sintomas	Infecção aguda, febre, falta de apetite, náuseas, vômitos, mal-estar e dores abdominais.
Transmissão	Hepatite do tipo A – contágio ocorre quase sempre por contato com a água e alimentos contaminados com expurgos humanos, tais como fezes e urina. Hepatite do tipo B – adquirida por meio de transfusões de sangue ou do uso de seringas, agulhas e instrumentos cirúrgicos contaminados. Hepatite do tipo C – Adquirida preferencialmente por transfusões sanguíneas; agulhas utilizadas para fazer *piercings* e tatuagens que não foram esterilizados satisfatoriamente também podem transmitir a doença.
Profilaxia	Vacinação para os tipos A e B, evitar contato com secreções de pessoas contaminadas, esterilização de seringas e agulhas.
Tratamento	Repouso no leito, antitérmicos, ácido acetilsalicílico (AAS) em comprimidos. Consultar sempre um médico antes de se medicar.

Rubéola	
Sintomas	Infartamento dos gânglios linfáticos da nuca e do pescoço, secreção dos olhos. Em algumas mulheres grávidas, causa diversos problemas ao feto.
Transmissão	Gotículas do muco e saliva disseminadas pelo doente, objetos contaminados.
Profilaxia	Evitar contato com pessoas doentes (estas devem ficar em quarentena) e vacina.
Tratamento	Não há tratamento adequado.

Caxumba	
Sintomas	Febre e inchaço das glândulas salivares.
Transmissão	Saliva de pessoas infectadas.
Profilaxia	Vacina e quarentena dos doentes.
Tratamento	Não há tratamento adequado.

Varíola	
Sintomas	Febre alta, vômitos, sonolência, delírio e convulsões. Aparecimento de bolhas no corpo, inicialmente na face.
Transmissão	Contaminação por via respiratória.
Profilaxia	Vacina
Tratamento	Não existe tratamento próprio; utiliza-se a penicilina para evitar complicações.

Saiba

Gripe aviária ou gripe do frango

É a doença causada pelo vírus do tipo H5N1, que é altamente mutante, conhecendo-se aproximadamente 15 subgrupos desse vírus gripal. Possui grande capacidade de adaptar-se a diferentes hospedeiros, contaminando aves e alguns mamíferos, como o ser humano.

Sinais e sintomas do animal contaminado: A ave contaminada, após a incubação do vírus por alguns dias, adoece, apresentando febre, dificuldades de respiração e diarreias, podendo morrer em questão de horas ou dias.

Modo de transmissão: Aves infectadas com o vírus o eliminam por meio de secreções e excreções, podendo contaminar a água, o solo, o ar, outros animais (inclusive o ser humano), roupas, veículos etc. As penas também podem ser um meio de transmissão. Aves migratórias que estão incubando o vírus ou doentes podem contaminar toda sua rota migratória.

Medidas preventivas: Proibir a importação de produtos avícolas procedentes de países afetados pelo vírus.

Influenza A (H1N1)

A Influenza A (gripe A) é uma doença respiratória que está assolando o mundo em 2009. Inicialmente recebeu o nome de gripe suína, por ser uma variante nova desta. Provocada por uma versão mutante do vírus de DNA (H1N1), é capaz de infectar humanos e se propagar de pessoa para pessoa. Surgiu no México, e espalhou-se pelo mundo todo, daí ser chamada de pandemia.

Principais sintomas:

- Febre repentina e alta;
- Tosse;
- Cefaleia (dor de cabeça intensa);
- Dor nas articulações e nos músculos;

- Dificuldade para respirar — com sintomas de dor de garganta, congestão nasal e coriza;
- Com menor frequência, pode ocorrer: conjuntivite, vômito, diarreia e dor abdominal.

Medidas profiláticas que contribuem para diminuir a disseminação do vírus:

- Uso de máscara cirúrgica descartável por pessoas sintomáticas e durante a permanência em áreas afetadas;
- Pessoas com sintomas devem permanecer em quarto exclusivo, quando possível, e em ambiente arejado;
- Ao tossir ou espirrar, cobrir o nariz e a boca com lenços descartáveis;
- Lavar as mãos frequentemente com água e sabão;
- Não compartilhar alimentos, copos, toalhas e objetos de uso pessoal;
- Não se automedicar, procurar sempre o serviço de saúde mais próximo;
- Evitar locais que apresentam aglomerados.

Pessoas com fatores de risco:

Diabéticos (*Diabetes mellitus*), cardiopatas, pessoas com pneumopatias e doenças renais crônicas, hipertensos, idosos, gestantes, pessoas com imunodepressão. (Ex: pacientes com câncer, Aids, e que fazem uso regular de corticoides.

Teste seu saber

1. (PUC-Campinas-SP) Considere as seguintes possibilidades de transmissão de um agente patogênico:
I – transfusão de sangue
II – aperto de mão e abraço
III – uso de banheiros públicos
IV – relações sexuais
V – uso de seringas, material cirúrgico e agulhas
O vírus da aids pode ser transmitido, comprovadamente, através de apenas:

a) I, II e III
b) I, IV e V
c) II, III e IV
d) II, IV e V
e) III, IV e V

2. (UFBA) Relacione as colunas, associando corretamente os nomes das viroses aos respectivos meios de contaminação:

(1) febre amarela	(a) contaminação pelo sêmen ou pelo sangue
(2) sarampo	(b) arranhaduras ou mordeduras por animais contaminados
(3) raiva	(c) contato direto com pessoas doentes ou pelo ar e utensílios contaminados
(4) aids	(d) atividade transmissora de mosquitos

a) 1 – a; 2 – c; 3 – b; 4 – d
b) 1 – a; 2 – b; 3 – c; 4 – d
c) 1 – d; 2 – c; 3 – a; 4 – b
d) 1 – c; 2 – d; 3 – b; 4 – a
e) 1 – d; 2 – c; 3 – b; 4 – a

3. (Cesgranrio–RJ) Existem organismos que, apesar de possuírem propriedades como autorreprodução, hereditariedade e mutação, são dependentes de células hospedeiras e, com isso, considerados parasitas obrigatórios. Tais organismos incluem:

a) procariontes e vírus
b) bactérias e micoplasma
c) bactérias e vírus
d) somente bactérias
e) somente vírus

4. (UFRN) Todos os vírus são constituídos por:

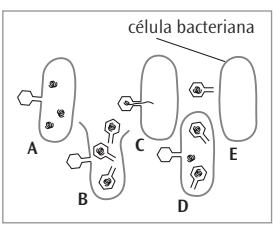
a) DNA e proteínas
b) Aminoácidos e água
c) Ácidos nucleicos e proteínas
d) DNA e RNA
e) RNA e proteínas

5. (Unicamp-SP) Um pouco alarmado com a elevada ocorrência de dengue transmitida pelo mosquito *Aedes aegypti*, um morador de Campinas telefonou para a Sucen (Superintendência de Controle de Endemias) e relatou que havia sido picado na mata, à noite, por um mosquito grande e amarelado. Relatou também que, no dia seguinte, começou a ter febre e sentir dor nas articulações. O biólogo da Sucen, ao saber, ainda, que este senhor não tinha viajado para qualquer área endêmica da doença, tranquilizou-o, dizendo que certamente não teria contraído a dengue, embora fosse importante que ele procurasse atendimento médico.
Cite cinco fatos relatados acima que levaram o biólogo da Sucen a concluir que essa pessoa não estava com dengue.

6. "O vírus da aids destrói os linfócitos T, provocando a falência do sistema imunológico humano. O HIV pode ser transmitido para uma pessoa por meio de relação sexual com parceiro contaminado pelo vírus, por transfusão de sangue contaminado, pelo uso de seringa contaminada e também por abraço, aperto de mão, toalhas e utensílios domésticos (como talheres e pratos)".
Você concorda com todas as afirmações contidas nesta frase? Explique.

7. Observe os esquemas:

a) Qual o acontecimento representado pelos esquemas?
b) Qual é a ordem cronológica do evento?
c) Que tipo de vírus está representado nos esquemas?



8. (Unesp-SP) O vírus responsável pela *síndrome da imunodeficiência adquirida* (aids) é um retrovírus. Qual é o tipo de ácido nucleico que constitui o material genético dos retrovírus? A denominação retrovírus refere-se a que característica deste vírus?

9. (FAAP-SP) O que são, como se constituem e onde se reproduzem os vírus?

Descomplicando a Biologia

(Fuvest-SP) Os vírus:

a) possuem genes para os três tipos de RNA (ribossômico, mensageiro e transportador), pois utilizam apenas aminoácidos e energia das células hospedeiras.

b) possuem genes apenas para RNA ribossômico e para RNA mensageiro, pois utilizam RNA transportador da célula hospedeira.

c) possuem genes apenas para RNA mensageiro e para RNA transportador, pois utilizam ribossomos da célula hospedeira.

d) possuem genes apenas para RNA mensageiro, pois utilizam ribossomos e RNA transportador da célula hospedeira.

e) não possuem genes para qualquer um dos tipos de RNA, utilizam toda a maquinaria de síntese de proteínas da célula hospedeira.

Resolução e comentários

Os vírus apresentam, em seu material genético, gene para RNA mensageiro.

Os vírus, ao infectarem uma célula, injetam no interior desta o seu material genético. Este material viral utiliza o equipamento metabólico da célula hospedeira, ribossomos, RNA transportador, aminoácidos, nucleotídeos etc., para se reproduzir intensamente, produzindo suas próprias proteínas e replicando seu material genético. Ao cabo da formação de novos vírus no interior da célula hospedeira, esta irá romper-se liberando os novos vírus, que se fixarão em outras células. Assim, o ciclo recomeça.

Desse modo, a alternativa correta é a **d**.

8 Reino Monera

O reino Monera se caracteriza por agrupar seres procariontes, unicelulares e microscópicos , sendo representado pelas bactérias e pelas cianobactérias.

Bactérias

Presente em todos os ambientes (no ar, na água e no solo), as bactérias podem viver isoladas ou em agrupamentos coloniais.

Estrutura da bactéria

A célula bacteriana apresenta as seguintes partes:

- **Membrana plasmática:** de constituição lipoproteica, normalmente apresenta dobras chamadas "mesossomos". Ao redor dos mesossomos são encontradas inúmeras enzimas respiratórias. As extremidades da molécula de DNA aderem-se ao mesossomo, ganhando um aspecto circular.
- **Parede celular:** envolvendo a membrana plasmática, grande parte das bactérias possui a parede de consistência rígida, com funções de proteger e dar forma à célula. Algumas bactérias, além da parede celular, apresentam uma cápsula de polissacarídios, de consistência gelatinosa, com função protetora, aumentando o poder infectante nas espécies patogênicas (que provocam doenças).
- **Ribossomos** e **material genético:** encontrados no citoplasma. Em alguns casos são encontrados também pequenos trechos de DNA livres no citoplasma, ou aderido aos cromossomos bacterianos, denominados "plasmídeos". Os plasmídeos

podem conter informações que permitem à bactéria degradar antibióticos que poderiam matá-la.

Quanto à respiração, as bactérias podem ser:

- **Aeróbicas**: dependem do oxigênio para sobreviver. Exemplo: bacilo de Koch.
- **Anaeróbicas obrigatórias**: sobrevivem somente na ausência do oxigênio. São as bactérias fermentadoras. Exemplo: bacilo tetânico.
- **Anaeróbicas facultativas**: sobrevivem com ou sem oxigênio. Se houver oxigênio, realizam a respiração aeróbica, caso contrário realizam a fermentação. Exemplo: os lactobacilos.

Quanto à alimentação, as bactérias podem ser:

- **Heterótrofas**: pertence a esse grupo a maioria das bactérias. Alimentam-se da decomposição da matéria orgânica morta ou de seres vivos que parasitam.
- **Autótrofas**:
  1. Bactérias que realizam fotossíntese

     Captam a energia solar, por meio da clorofila. Nesse processo, não há liberação de oxigênio, pois o fornecedor de hidrogênio não é a água e sim substâncias como gás sulfídrico (H_2S) e CO_2. As bactérias que utilizam o gás sulfídrico para produzir compostos orgânicos são as sulfurosas, e o processo pode ser representado pela equação:

$$2\ H_2S + CO_2 \xrightarrow{\text{luz}} (CH_2O) + 2\ S + H_2O$$

  2. Bactérias que realizam a quimiossíntese

     Utilizam a energia química proveniente da oxidação de compostos inorgânicos presentes no solo para produzir

compostos orgânicos. Exemplo: a bactéria do gênero *Nitrosomoras* oxida a amônia, segundo a equação:

$$2\,NH_3 + 3\,O_2 \longrightarrow 2\,HNO_2 + 2\,H_2O + \text{energia}$$

(amônia) (nitritos)

Reprodução das bactérias

Reprodução assexuada

A maioria das bactérias reproduz-se assexuadamente por cissiparidade ou divisão binária. Nesse processo ocorre duplicação do material genético e em seguida a citocinese, dando origem a duas células-filhas. O poder de reprodução das bactérias é tão rápido que, em questão de horas e em condições favoráveis, uma única bactéria, reproduzindo-se assexuadamente, pode dar origem a milhões de bactérias idênticas a si mesma.

Reprodução sexuada

A reprodução sexuada envolve troca de material genético, e são conhecidos três tipos.

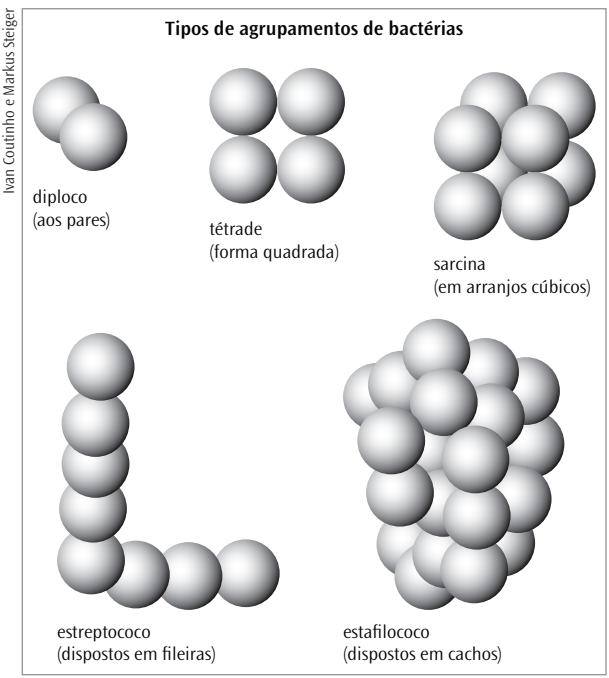
- **Conjugação:** ocorre união de duas bactérias. Em seguida, ocorre passagem de pedaço de DNA de uma bactéria doadora para a receptora. O DNA transferido é incorporado ao material genético da receptora que, ao se dividir, origina populações de bactérias com novas características.
- **Transdução:** ocorre com o auxílio de um vírus bacteriófago (vírus que atacam bactérias). Na montagem de novos vírus no interior da bactéria parasitada, pode ocorrer que pedaços de DNA bacteriano permaneçam unidos ao DNA viral. O bacterófago, parasitando outra bactéria, poderá efetuar a transferência do DNA bacteriano para a bactéria infectada. O DNA transferido

incorpora-se ao DNA da bactéria e esta, ao se reproduzir, gera população com novos caracteres genéticos.

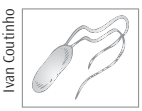
- **Transformação:** normalmente ocorre em cultura de bactérias em que pedaços de DNA isolados entram nas bactérias, incorporando-se ao seu cromossomo, condicionando novos caracteres genéticos.

Classificação das bactérias

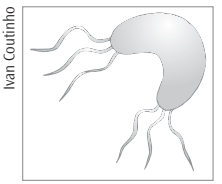
Morfologicamente, as bactérias classificam-se em quatro categorias: cocos, bacilos, vibriões e espirilos.



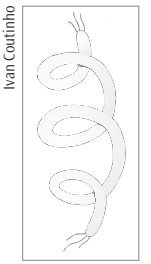
Cocos: de forma esférica, apresentam-se isolados ou formando colônias, com os seguintes agrupamentos:



Bacilos: em forma de bastonetes



Vibriões: bastões em forma de vírgulas



Espirilos: filamentos longos e espiralados

Importância das bactérias

Em sua ação decompositora, juntamente com os fungos, elas são responsáveis pela decomposição e reciclagem da matéria orgânica, transformando moléculas orgânicas complexas em matéria inorgânica simples, fundamental para o equilíbrio ecológico e a manutenção da vida no planeta Terra.

Em sua ação fermentadora, as bactérias são utilizadas na industrialização de derivados do leite. Exemplo: bactérias dos gêneros *Lactobacillus* e *Streptococus* são utilizadas na produção de queijos, iogurtes, requeijão etc. Bactérias do gênero *Acetobacter* são utilizadas na fabricação do vinagre. Na indústria farmacêutica, bactérias dos gêneros *Bacillus* e *Streptomyas* fornecem antibióticos como: tirotricina, bacitracina, neomicina.

A biotecnologia e a engenharia genética introduzem pedaços de moléculas de DNA humano (que contêm informações para a produção de determinados hormônios) em bactérias; elas incorporam esse material genético como se fosse seu e passam a produzir hormônios humanos, tais como insulina ou hormônio do crescimento.

Como controle biológico, algumas bactérias infestam larvas de insetos que são pragas da agricultura.

Doenças bacterianas

Muitas bactérias parasitam seres vivos e podem causar inúmeras doenças. Veja:

Tuberculose – bacilo de Koch ou *Mycobacterium tuberculosis*	
Sintomas	tosse contínua com catarro, dor torácica, emagrecimento e febre; eliminação de sangue no escarro
Transmissão	gotículas de catarro ou saliva
Profilaxia	melhoramento do padrão de vida das populações mais pobres e vacina
Tratamento	certos medicamentos, associados a repouso e boa alimentação

Hanseníase (lepra) – *Mycobacterium leprae*	
Sintomas	manchas brancas ou avermelhadas que não coçam e tornam o lugar insensível; perda das sobrancelhas e dos cílios e engrossamento da pele; em fase avançada, pode haver destruição de tecidos como mucosas e dos órgãos internos
Transmissão	apenas a hanseníase (virshuniana) é transmissível por gotas de saliva contaminada
Profilaxia	diagnóstico rápido dos doentes e isolamento
Tratamento	é feito com sulfonas; a cura é fácil e pode-se fazer cirurgia plástica para restituir as partes mais atingidas

Sífilis – *Treponema pallidum*	
Sintomas	cancro no primeiro estágio, manchas pelo corpo no segundo etc.
Transmissão	relações sexuais
Profilaxia	uso de camisinha e exames periódicos de parceiros
Tratamento	antibióticos

Difteria – *Corynebacterium diphteriae*	
Sintomas	formação de membranas na faringe e laringe, podendo provocar sufocação, febre e indisposição
Transmissão	contágio com o doente, objetos contaminados ou pelo leite
Profilaxia	vacina
Tratamento	administração de soro antidiftério em injeção intramuscular

Coqueluche – *Bordetella petussis*	
Sintomas	acessos de tosse convulsiva, terminado por um chiado, seguido ou não por vômitos
Transmissão	gotículas de muco que o doente expele ou objetos contaminados
Profilaxia	vacina
Tratamento	uso de gamaglobulina, mas não existe tratamento totalmente eficaz

Meningite – *Meningococo*	
Sintomas	febre, dor de cabeça, sonolência, rigidez da nuca e abalamento da fontanela
Transmissão	contato direto com doentes
Profilaxia	vacina e evitar contato com doentes
Tratamento	administração de penicilinas semissintéticas, ampicilina-amplacilina

Cólera – *Vibrio cholerae*	
Sintomas	diarreia, febre, vômitos, cólicas intensas
Transmissão	água e alimentos contaminados
Profilaxia	lavar alimentos, cobrir os alimentos, lavar as mãos
Tratamento	certos medicamentos, soro (para evitar desidratação) etc.

Leptospirose – *Leptospira interrogans*	
Sintomas	febre alta, fortes dores de cabeça, dor abdominal, diarreia, erupções na pele, olhos e pele amarelada
Transmissão	urina de ratos contaminados
Profilaxia	evitar contato com águas de enchentes, lavar os alimentos etc
Tratamento	uso de medicamentos e repouso

Botulismo – *Clostridium botulinum*	
Sintomas	paralisia dos músculos respiratórios
Transmissão	intoxicação alimentar geralmente por enlatados
Profilaxia	evitar alimentos enlatados com data vencida ou que a lata esteja estufada
Tratamento	usa-se uma autitoxina aplicada através da respiração artificial; essa doença geralmente é letal

Tétano – *Clostridium tetani* ou *bacilo tetani*	
Sintomas	rigidez muscular, dificuldade de abrir a boca e engolir, inquietude, hiperirritabilidade, dor de cabeça, calafrios, dor nas extremidades e convulsões
Transmissão	esporos do tétano que entram no corpo por ferimentos, até mesmo por infecção umbilical
Profilaxia	vacina, esterilização de objetos cortantes e desinfecção dos ferimentos
Tratamento	deve-se adormecer o paciente, em seguida administrar soro antitetânico em doses altas, em injeções intramusculares

Teste seu saber

1. (UFMG) Em que alternativa as duas características são comuns a todos os indivíduos do reino Monera?

a) Ausência de núcleo – presença de clorofila
b) Ausência de carioteca – capacidade de síntese proteica
c) Incapacidade de síntese proteica – parasitas exclusivos
d) Presença de um só tipo de ácido nucleico – ausência de clorofila
e) Ausência de membrana plasmática – presença de DNA e RNA

2. (Fuvest-SP) Um antibiótico que atue nos ribossomos mata:

a) bactérias por interferir na síntese de proteínas
b) bactérias por provocar plasmólise
c) fungos por interferir na síntese de lipídios
d) vírus por alterar DNA
e) vírus por impedir recombinação gênica

3. (Fatec-SP) As bactérias são organismos microscópicos, procariontes e muitas são patogênicas, pois causam doenças. Entre as doenças humanas causadas por bactérias podemos citar:

a) varíola, poliomielite, hidrofobia e aids
b) sífilis, gonorreia, meningite e tétano
c) pneumonia, tuberculose, caxumba e sarampo
d) encefalite, poliomielite, hepatite e cólera
e) botulismo, febre tifoide, gripe e aids

4. (Fuvest-SP) O organismo A é um parasita intracelular constituído por uma cápsula proteica que envolve a molécula de acido nucleico. O organismo B tem uma membrana lipoproteica revestida por uma parede rica em polissacarídeos que envolvem um citoplasma, onde se encontra seu material genético constituído por uma molécula circular de DNA. Esses organismos são, respectivamente:

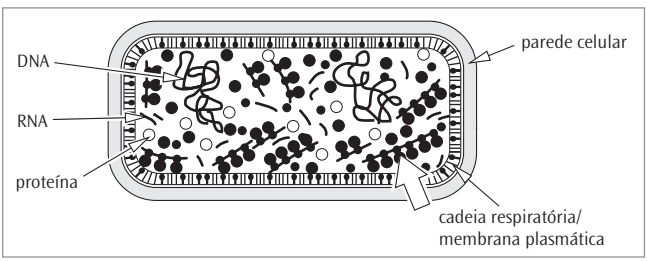
a) uma bactéria e um vírus
b) um vírus e um fungo
c) uma bactéria e um fungo
d) um vírus e uma bactéria
e) um vírus e um protozoário

5. (Fuvest-SP) Considere os procedimentos:
I – A produção de bebidas alcoólicas;

II – A produção de açúcar a partir da cana;
III – O cultivo de plantas leguminosas para aumentar fertilidade do solo.
Os micro-organismos atuam em:

a) I apenas b) II apenas c) I e II apenas
d) I e III apenas e) I, II e III

6. **(UFMG) Observe o esquema de uma bactéria.**



a) Cite duas características do esquema que permitem classificá-lo como uma célula procariota.
b) Cite a organela da célula eucariota que executa a mesma função desempenhada, no esquema, pela membrana plasmática.
c) Cite a função da estrutura indicada pela seta do esquema.
d) Descreva um dos processos naturais que permitiriam a transferência de material genético dessa célula para outra preexistente.

7. **(Vunesp-SP) As doenças sífilis e cólera são causadas por bactérias, mas apresentam diferentes formas de contágio. Quais são essas formas?**

8. **(UnB-DF) Julgue as seguintes afirmações:**

a) alimentos contaminados constituem um ótimo meio de transmissão do cólera e também do vírus da imunodeficiência humana (HIV).
b) o vírus HIV provoca deficiência do sistema imune, ao infectar os eritrócitos do sangue.
c) tanto o DNA quanto o RNA constituem o material genético do HIV.

Descomplicando a Biologia

(Fuvest-SP) Bactérias foram cultivadas em um meio nutritivo contendo timina radioativa, por centenas de gerações. Dessa cultura, foram isoladas 100 bactérias e transferidas para um meio sem substâncias radioativas. Essas bactérias sofreram três divisões no novo meio, produzindo 800 bactérias. A análise dos ácidos nucleicos mostrou que dessas 800 bactérias:

a) 100 apresentavam o DNA marcado, mas não o RNA.
b) 200 apresentavam o DNA marcado, mas não o RNA.
c) 400 apresentavam o DNA marcado, mas não o RNA.
d) 200 apresentavam o DNA e o RNA marcados.
e) Todas apresentavam o DNA e o RNA marcados.

Resolução e comentários

O DNA é formado por uma dupla hélice cuja duplicação é semiconservativa. Isso significa que cada metade da molécula de DNA serve de molde para a nova molécula que está sendo produzida. Sendo assim, cada nova molécula de DNA apresentará uma metade velha e uma metade nova, por isso semiconservativa.

Quando uma bactéria que apresenta apenas moléculas de DNA formadas por timina radioativa for duplicada, tendo como oferta alimentar apenas nucleotídeos não radioativos, originará, ao final da duplicação, duas bactérias radioativas. Elas apresentarão, porém, apenas metade da dupla hélice radioativa (a metade velha) originária da célula-mãe, enquanto a outra metade (a metade nova) será composta por nucleotídeos normais.

Portanto, após a primeira divisão, 100% das bactérias-filhas serão radioativas.

Na segunda divisão, dobra-se o número de células. Porém, como foi mantida a oferta de nucleotídeos não radioativos, e graças à duplicação semiconservativa, 50% delas ainda serão radioativas, enquanto 50% serão não radioativas. Na terceira divisão, a porcentagem de bactérias radioativas cairá à metade (25%), e assim sucessivamente.

Partindo-se de 100 bactérias, após três gerações, teremos 800 bactérias formadas, das quais apenas 200 apresentarão metade da dupla hélice radioativa. Não haverá nenhum RNA radioativo porque eles não apresentam timina em sua composição. No lugar, há uracila.

Desse modo, a resposta correta é a alternativa b.

9 Reino Protoctista

Pertencem a esse reino os protozoários e as algas. Na classificação antiga, esses seres vivos eram colocados nos reinos animal e vegetal, respectivamente. Hoje, formam este reino à parte devido a características específicas.

Protozoários

A diferença entre estes protoctistas heterótrofos e os animais é o fato de eles serem unicelulares. Habitam os mais variados tipos de ambientes, podendo viver livremente na natureza. Outros adotam vida parasitária ou mantêm relações harmoniosas, vivendo em mutualismo ou comensalismo com outras espécies.

São heterótrofos por ingestão, quando ingerem outros seres vivos, ou por absorção, quando absorvem moléculas orgânicas do meio em que vivem.

Normalmente, apresentam respiração aeróbica, absorvendo o oxigênio por difusão. Alguns parasitas são anaeróbicos. Eliminam as excreções por difusão. Os que vivem em água doce eliminam água por meio do vacúolo pulsátil.

A grande maioria dos protozoários apresenta reprodução assexuada; algumas espécies se reproduzem sexuadamente por conjugação (trocando material genético).

Quando as condições do meio se tornam desfavoráveis para algumas espécies parasitas e de água doce, o protozoário desidrata-se e cria uma membrana resistente ao seu redor, isolando-se do meio externo em que vive, transformando-se em cisto. O encistamento se deve às variações climáticas e à presença de anticorpos do hospedeiro. As formas císticas podem servir para disseminar a espécie, quando levadas pelo vento e depositadas em lugar favorável ao seu desenvolvimento.

Quando as condições passam a ser favoráveis ao protozoário, a forma cística, com o auxílio de enzimas, tem sua membrana dissolvida e ele passa a ter vida ativa novamente.

Classificação dos protozoários

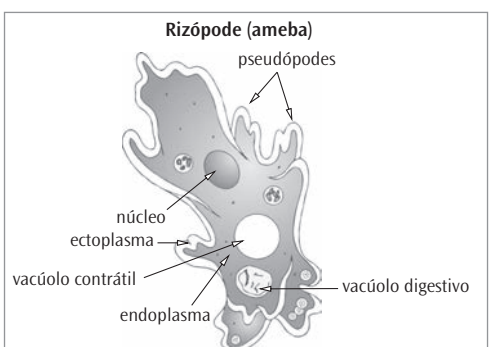
Dependendo do mecanismo de locomoção, os protozoários são classificados em quatro filos: rizópode, flagelado, ciliado e esporozoário.

Rizópode

Rizópode é um termo originado do grego: *rhiza* = raiz e *podos* = pés.

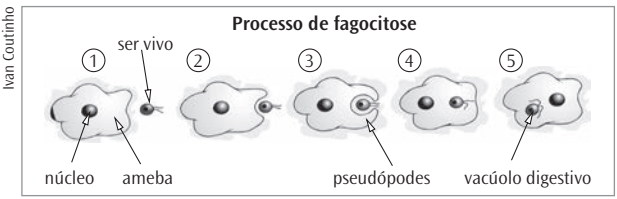
Também chamado de sarcodíneo, é um protozoário que se movimenta através de expansões do citoplasma denominadas pseudópodes. A função dos pseudópodes, além da locomoção, é de captura de alimentos.

Ivan Coutinho



As amebas são o exemplo mais comum dessa classe. São encontradas em água doce, água salgada e sobre o lodo. Apresentam a membrana plasmática bastante delgada, citoplasma com regiões de concentrações diferenciadas: o ectoplasma (mais concentrado) e o endoplasma (mais diluído). As amebas de água doce apresentam o vacúolo pulsátil ou contrátil. Por viver em ambiente hipotônico,

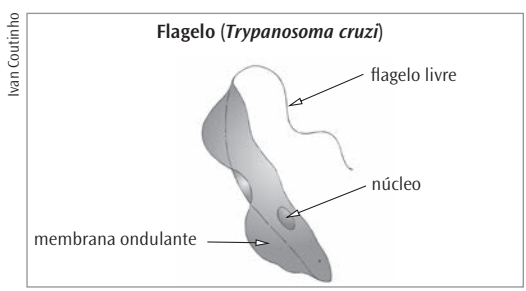
absorvem constantemente água do meio por osmose. O excesso de água que entra tem de ser removido. Essa função osmorreguladora é executada pelo vacúolo pulsátil. As de água salgada, por viver em ambiente isotônico, não apresentam essa organela.



Os rizópodes alimentam-se por fagocitose, englobando alimento por pseudópodes. As partículas englobadas recebem o nome de "fagossomos", que ao se unir aos lisossomos se transformam em vacúolo digestivo. Após ocorrer a digestão, os resíduos são eliminados pelo processo da clasmocitose.

Flagelado ou mastigófaro

Protozoário que apresenta um ou mais flagelos, com função de locomoção e captura de alimentos em meio líquido.



Muitos flagelados têm vida livre, outros são parasitas do sangue e do tubo digestivo de vertebrados e invertebrados, outros ainda vivem em mutualismo, como, por exemplo, o *Trychonympha*, que vive no intestino do cupim, digerindo a celulose.

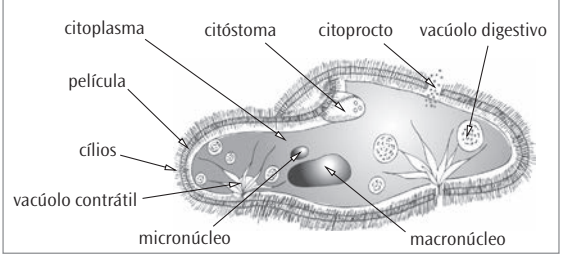
Os representantes mais comuns dos flagelados são: o *Trypanosoma gambierisi* (causador da doença do sono) e o *Trypanosoma cruzi* (causador da doença de Chagas).

Ciliado

Protozoário que se locomove e captura alimentos por meio de cílios. São poucas as espécies parasitas, como o *Balantiduim coli*, que vive no intestino de vertebrados. A grande maioria é de vida livre. O exemplo mais comum é o paramécio. Vive em água doce, seu formato lembra um chinelo. Apresenta uma abertura oral, localizada na região mediana da célula denominada citóstoma. As partículas ingeridas através do citoplasma são encaminhadas por um canal denominado citofaringe até o vacúolo digestivo, que é responsável pela digestão intracelular. Os resíduos são eliminados por um orifício denominado citoprocto ou citopígio.

Ivan Coutinho

Ciliado (*Paramecium*)



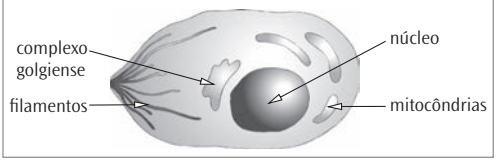
Como os demais protozoários de água doce, o paramécio apresenta vacúolos pulsáteis que efetuam a regulação osmótica e excreção. Apresenta tricocistos, organelas que funcionam como órgão de defesa, pois são lançadas em forma de setas sobre os inimigos.

Esporozoário

Caracteriza-se por não possuir órgão de locomoção e todas as espécies serem parasitas. Possui esse nome porque forma esporos no seu ciclo de vida. Um dos exemplos mais comuns é o plasmódio, causador da malária.

Ivan Coutinho

Esporozoário (*Toxoplasma gondii*)

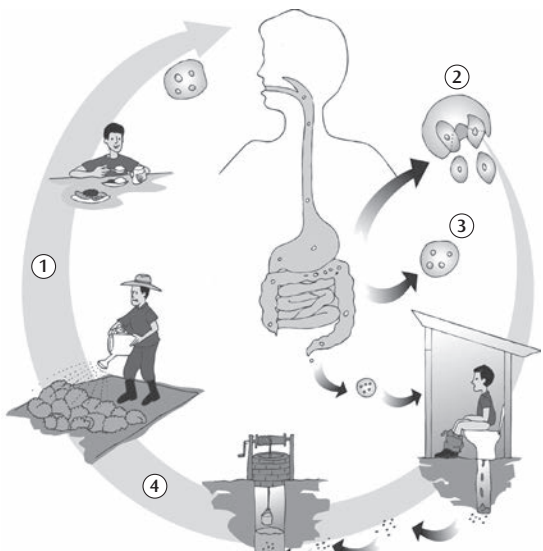


Principais doenças causadas por protozoários

Amebíase

Ivan Coutinho

Ciclo evolutivo da amebíase



1. A ingestão de água ou alimentos (frutas e verduras) contaminados pode introduzir cistos de amebas no tubo digestivo humano.
2. Quatro amebas jovens
3. Trofozoíto com hemácias sendo digeridas
4. Eliminados com as fezes, os cistos atingem a água de consumo e diversos alimentos utilizados pelo homem, contaminando-os.

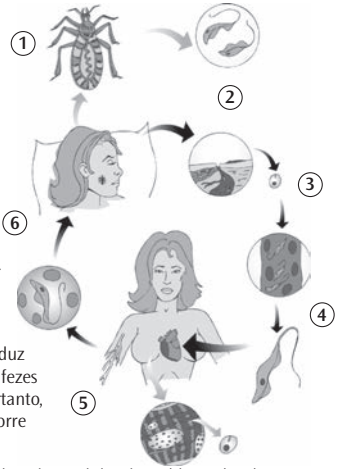
- **Agente causador**: protozoário *Entamoeba histolytica*.
- **Contágio**: alimentos e água contaminada com os cistos eliminados pelas fezes de pessoas contaminadas.
- **Sintomas**: parasita do intestino grosso, provoca cólicas e disenteria; em casos mais graves pode chegar ao fígado e ao cérebro.
- **Profilaxia**: construção de rede de esgoto; controle e tratamento da água (ferver ou filtrar); higiene pessoal; higiene com os alimentos, principalmente com hortaliças e frutas.

Doença de chagas

- **Agente causador**: protozoário flagelado *Trypanosoma cruzi*.
- **Agente transmissor**: inseto do gênero *Triatoma infestans*, conhecido como barbeiro ou chupança.
- **Contágio**: o protozoário vive normalmente no organismo de animais silvestres, como tatus, tamanduás, gambás, raposas, macacos, morcegos e outros. O barbeiro, ao sugar o sangue desses animais, adquire o protozoário e se transforma em hospedeiro da doença de Chagas.
- **Sintomas**: alcançando a corrente sanguínea, o protozoário *Trypanosoma cruzi* instala-se principalmente em órgãos musculosos como o coração, provocando taquicardia e dilatação do órgão (megalocardia), atacando também a musculatura do esôfago e dos intestinos.
- **Profilaxia**: Combate e extermínio do barbeiro; substituir casas de pau-a-pique e de madeira por construções de alvenaria; restringir o contato com animais silvestres contaminados e não ingerir carnes cruas; evitar transfusões de sangue desconhecendo sua procedência; mães portadoras podem transmitir a doença ao filho pela placenta.

Ivan Coutinho

Ciclo evolutivo da doença de Chagas



1. Os tripanossomos se multiplicam assexuadamente no intestino do percevejo, cuja porção final fica repleta das chamadas formas infectantes. Os barbeiros possuem hábitos noturnos. À noite, saem de suas tocas à procura de alimento. Encontram pessoas dormindo e picam, de preferência, a pele delicada do rosto.
2. Ao picarem, defecam e libertam as formas infectantes dos parasitas. A picada não dói: os insetos possuem na saliva uma substância anestesiante. Passado o efeito do anestésico, a pessoa se coça e introduz os tripanossomos que estavam nas fezes do barbeiro no local da picada. Portanto, a transmissão dos parasitas não ocorre pela picada.
3. Uma vez na pele, os tripanossomos invadem células do tecido conjuntivo e assumem a forma esférica, intracelular. Multiplicam-se ativamente e após alguns dias arrebentam as células e se libertam no sangue, agora com a forma alongada.
4. Pela corrente sanguínea espalham-se e atingem outros órgãos, entre eles o coração.
5. No tecido cardíaco, assumem novamente a forma esférica, proliferam, formam ninhos cheios de parasitas e destroem inúmeras células cardíacas, a principal consequência lamentável dessa parasitose.
6. Pessoas contaminadas, ao serem picadas por barbeiros, dão continuidade ao ciclo vital do parasita.

Saiba

O nome "barbeiro" se deve ao hábito do inseto de picar as pessoas no rosto, ou seja, na região da barba.

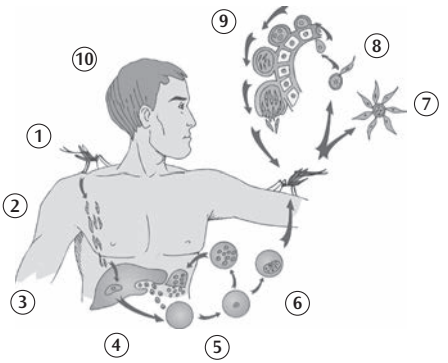
Malária

Conhecida também como maleita, impaludismo, febre terçã benigna ou febre quartã.

- **Agente causador:** protozoários esporozoários dos gêneros *Plasmodium vivax, Plasmodium malariae, Plasmodium falciparum* e *Plasmodium ovale*.
- **Agente transmissor**: mosquito fêmea do gênero *Anopheles*.

Ivan Coutinho

Ciclo evolutivo da malária



1. **No ser humano**: por ocasião da picada do pernilongo, formas infectantes do parasita, conhecidas como **esporozoítos**, abandonam as glândulas salivares do inseto e invadem o organismo humano.
2. Dirigem-se, pelo sangue, às células do fígado, onde se multiplicam.
3. A seguir, abandonam o fígado e se espalham pelo sangue, invadindo glóbulos vermelhos.
4. Em cada glóbulo vermelho, consomem a hemoglobina, sendo então chamados de **trofozoítos**. Por um processo de reprodução assexuada múltipla (conhecido como **esquizogonia**) cada trofozoíto dá origem a cerca de 36 células-filhas chamadas de **merozoítos**.
5. Esses merozoítos provocam a ruptura do glóbulo vermelho, ficam livres no sangue e invadem novos glóbulos vermelhos. Nova reprodução múltipla ocorre e o ciclo se repete.
6. Após alguns ciclos de esquizogonia nas hemácias humanas, certos merozoítos transformam-se em células sexuais, os gametócitos; porém, não formam gametas no organismo humano.
7. **No pernilongo:** sugadas por um *Anopheles* fêmea, hemácias contendo gametócitos chegam ao tubo digestivo do inseto. Os gametócitos femininos (macrogametócitos) crescem e se transformam em megagametas. Cada gametócito masculino (microgametócito) divide-se e origina de 6 a 8 microgametas, com forma de espermatozoide.
8. As fecundações ocorrem no tubo digestivo do inseto, caracterizando-o, assim, como hospedeiro definitivo do ciclo vital do plasmódio.
9. Os zigotos formados penetram na parede intestinal e se encistam. Dentro de cada cisto ocorre uma reprodução múltipla (a **esporogonia**), com formação de milhares de esporozoítos.
10. Os esporozoítos arrebentam a parede do cisto e migram em direção às glândulas salivares do inseto. Ali permanecem até que o inseto os introduza, através de uma picada, no corpo de outra pessoa para, assim, dar continuidade ao ciclo sexual no mosquito é de 7 a 19 dias, após os quais o pernilongo é capaz de inocular esporozoítos na próxima vítima.

- **Contágio**: o contágio se dá pela picada da fêmea do mosquito *Anopheles* ou mosquito-prego; antes de sugar o sangue, o mosquito injeta saliva, que contém uma substância anticoagulante. O parasita penetra na circulação sanguínea juntamente com a saliva. Segue-se um período de incubação, de aproximadamente dez dias, durante o qual o *Plasmodium* permanece nas células do fígado. Posteriormente retorna à circulação sanguínea e penetra nas hemácias (glóbulos vermelhos), onde divide-se assexuadamente, originando esporos. As hemácias rompem-se, liberando esporos que irão contaminar novas hemácias. Por reproduzir-se assexuadamente no ser humano, este se torna hospedeiro intermediário do plasmódio. A reprodução sexuada ocorre no mosquito *Anopheles*, que é o hospedeiro definitivo.
- **Sintomas**: anemia, enfraquecimento, lesões no fígado e ciclos de febres que variam de duração dependendo da espécie do plasmódio.
- **Profilaxia**: extermínio ao mosquito transmissor; utilização de telas nas janelas para impedir a entrada do mosquito; evitar águas paradas (vasos, pneus etc.), que servem de criodouros para a larva do inseto, pois ela se desenvolve em meio aquático.

Saiba

Plasmodium vivax: causa a febre terçã benigna e acessos febris que ocorrem a cada três dias.

Plasmodium falciparum: causa a febre terçã maligna, acessos febris com períodos irregulares de 36 a 48 horas.

Plasmodium malariae: causa a febre quartã, acessos febris com ciclo de 72 horas ou a cada quatro dias.

Plasmodium ovale: acessos febris, com ciclo de 48 horas; os sintomas são leves, e a infecção, de modo geral, termina após 15 dias.

Algas

Algas são protoctistas autótrofos. A maioria é unicelular, e as algas muticelulares diferem das plantas por não possuírem tecidos

diferenciados. Ocupam os mais variados ambientes, como água doce e salgada e superfícies úmidas. No ambiente aquático, constituem o fitoplâncton (organismos microscópicos que flutuam nas águas levados pelas ondas e correntezas). A grande maioria das espécies possui vida livre; algumas espécies vivem em colônias ou em mutualismo com outras espécies.

A parede celular, dependendo da espécie, pode apresentar reforços de celulose, de sílica e de pectina.

Apresentam plastos, onde ficam a clorofila e outros pigmentos.

Constituem a base das cadeias alimentares aquáticas, permitindo a manutenção da vida nesses ambientes.

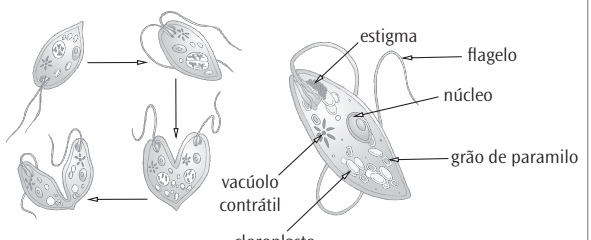
São responsáveis por aproximadamente 90% do oxigênio liberado para a atmosfera.

São classificadas nos seguintes filos:

- *Euglenophyta* (euglenofíceas): a grande maioria vive em água doce. São unicelulares, dotadas de flagelo e vacúolo pulsátil. Apresentam clorofila **a** e **b**, carotenoides e xantofila, pigmentos que captam a energia solar, indispensável para a fotossíntese. Apresentam uma organela chamada estigma, com função fotorreceptora, que as orienta em direção à luz.

Ivan Coutinho

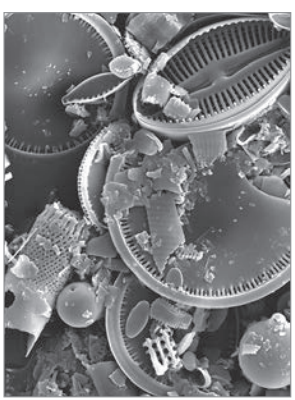
Esquema de reprodução e da estrutura de uma *Euglenophyta*



- *Bacillariophyta* (diatomáceas): unicelulares, vivem em águas doce e salgada. Apresentam um reforço de sílica em sua parede

celular, denominada frústula. Os depósitos de frústula, ao longo do tempo, dão origem às chamadas terras de diatomáceas ou diatomitos, explorados comercialmente para produção de abrasivos, utilizados nos polidores de metais, nas pastas de dente, na fabricação de filtros e tijolos. Apresentam clorofila **a** e **c**, caroteno e fucoxantina.

- *Dinophyta* (dinoflagelados): unicelulares, apresentam cor avermelhada, dois flagelos e em sua grande maioria são marinhas planctônicas. A parede celular possui reforço de celulose. Algumas espécies emitem bioluminescência, visível à noite, na água. As pirrófitas são responsáveis pelas marés vermelhas. Quando ocorre uma superpopulação, essas algas liberam toxinas, que afetam a fauna do ambiente. Essa toxina é acumulada nos componentes da cadeia alimentar, podendo intoxicar todos os componentes da cadeia.
- *Crisófitas* (diatomáceas): unicelulares, vivem em água doce e salgada: de cor amarelo-dourada, apresentam um reforço de sílica em sua parede celular, denominado frústula. Ao longo do tempo, dão origem às chamadas terras de diatomáceas ou diatomitos, explorados comercialmente para a produção de abrasivos, utilizados nos polidores de metais, nas pastas de dentes, na fabricação de filtros e tijolos. Apresentam clorofila **a** e **c** caroteno e fucoxantina.


Université Libre de Bruxelles, Belgium

- *Rhodophyta*: são predominantemente marinhas e pluricelulares; poucas espécies são dulcícolas. Nas rodofíceas, predomina o pigmento ficoeretrina (responsável pela cor vermelha), mas elas também possuem clorofila **a** e **d** e armazenam amido das

florídeas como substância de reserva. Apresentam a parede celular constituída de celulose.

Representadas principalmente pelas espécies: *Coralinas, Lamentárias, Delissérias, Porphyra, Gelidium*.

- *Phaeophyta* (algas pardas): são predominantemente marinhas, pluricelulares, adaptadas ao clima frio. Algumas espécies chegam a alcançar 50 metros de comprimento, e, geralmente, possuem bolsas cheias de ar, o que lhes permite flutuar nas águas. Nas feofíceas, predomina o pigmento fucoxantina, responsável pela cor parda. Apresentam também clorofila **a** e **b**, carotenoides e xantofilas. A parede celular é constituída de celulose, e sua substância de reserva é o açúcar laminarina e gotas de lipídios.
- *Chlorophytas* (clorofíceas – algas verdes): habitam ambientes marinhos, dulcícolos, solos úmidos, troncos de árvores. São pluricelulares, com exceção de algumas espécies unicelulares. Possuem clorofila **a** e **b**, as mesmas encontradas nos vegetais adaptados à vida terrestre. Acredita-se, portanto, que sejam as precursoras dos vegetais.

  Além da clorofila, responsável pela cor verde, possuem outros pigmentos, tais como: carotenos (cor alaranjada) xantofila (cor amarelada). Os pigmentos encontram-se no interior dos plastos. Armazenam amido como substância de reserva e apresentam a parede celular constituída de celulose.

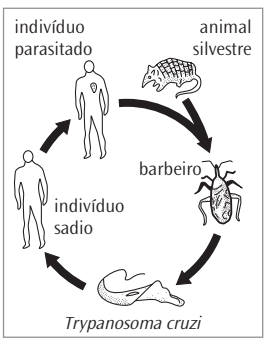
Importância das algas

- Algumas espécies são utilizadas como alimentos pelo homem.
- Das paredes celulares de algumas espécies de rodofíceas dos gêneros *Gelidium, Pterocladia* e *Gracilaria* é extraído o ágar. De natureza proteica, o ágar é utilizado como matéria-prima para laxativos, gomas, gelatinas, como material para cultura de micro-organismos em experiências de laboratórios.

- O *Sargassum* (alga parda) é utilizado como fonte de adubo para a agricultura. Depois de ressecado e moído, é misturado ao solo, fornecendo sais minerais, potássio, nitrogênio. Das rodofíceas do gênero *Laminaria*, se extrai a carregenina, uma espécie de gel utilizado na produção de sorvetes e cremes.
- Constituem a base das cadeias alimentares aquáticas, permitindo a manutenção da vida nesses ambientes.
- São responsáveis por aproximadamente 90% do oxigênio liberado para atmosfera.

Teste seu saber

1. **(UFRJ) A doença de Chagas, uma das principais endemias do Brasil, é causada pelo protozoário flagelado *Trypanosoma cruzi*. O esquema representa o ciclo evolutivo dessa doença.**



A contaminação do indivíduo sadio se dá pela penetração do protozoário na mucosa e/ou em lesões da pele humana. Nessa forma de transmissão, o *Trypanosoma* é veiculado ao ser humano através de:

a) contágio direto
b) saliva do inseto
c) água contaminada
d) fezes do barbeiro
e) secreção do animal silvestre

2. **Assinale a alternativa incorreta:**

a) Todas as algas apresentam clorofila.
b) As algas microscópicas, que constituem o fitoplâncton, são os principais produtores aquáticos.
c) Cerca de 90% do oxigênio atmosférico é produzido pelas algas.
d) Nem todas as algas são autótrofas.
e) Substâncias mucilaginosas, extraídas de algas, são usadas na alimentação e em cosmetologia.

3. (Fuvest-SP) "O Conselho Indigenista Missionário (Cimi) diz que 86 índios makuxi, do município de Normandia (RR), estão com malária provocada por garimpeiros evadidos da área ianomani."(*Folha de S. Paulo* – 25/11/1990).
Explique como a malária dos garimpeiros pode ter passado para os índios.

4. (Fuvest-SP) O orgânulo denominado vacúolo contrátil ou pulsátil existe nos protozoários de água doce, mas não nos marinhos.
a) Qual a sua função?
b) O que se pode esperar como resposta do vacúolo contrátil, se colocarmos o protozoário de água doce em uma solução de mesma tonicidade do seu protoplasma?

5. Sabe-se que as populações rurais estabeleceram hábitos que vieram facilitar a disseminação da doença de Chagas, uma moléstia que era praticamente inexistente entre os indígenas, primitivos habitantes da nossa terra. Explique que hábitos foram esses, de tão drásticas consequências.

6. (Fuvest-SP) Os protozoários de água doce, em geral, possuem vacúolos pulsáteis, que constantemente se enchem de água e se esvaziam, eliminando água para o meio externo. Já os protozoários de água salgada raramente apresentam essas estruturas.
Explique:
a) A razão da diferença entre protozoários de água doce e de água salgada, quanto à ocorrência dos vacúolos pulsáteis.
b) O que deve ocorrer com um protozoário de água salgada, desprovido de vacúolo pulsátil, ao ser transformado para água destilada.

Descomplicando a Biologia

(Fatec-SP) Duas situações interessantes estão sendo consideradas possíveis motivadoras de ações judiciais:

Caso I

Uma pessoa, com doença de Chagas, pretende processar um hospital, pois assegura que a doença da qual é portadora foi adquirida em uma transfusão realizada com sangue contaminado, naquela unidade de saúde.

Caso II

A mãe de um menino, internado em um hospital, com diagnóstico de cisticercose cerebral, pretende processar o açougueiro, de quem compra carne há muitos anos, alegando que este lhe vendeu carne de porco contaminada com verme causador da cisticercose.

Analise os textos acima descritos e indique as alternativas corretas:

1. O Caso I tem fundamento, pois a doença de Chagas é causada por um protozoário que vive no sangue.

2. O Caso I tem fundamento, pois a doença de Chagas é causada por um verme que pode ser transmitido em uma transfusão sanguínea. O Caso II tem fundamento, pois a cisticercose é transmitida pelo consumo dos ovos da tênia, os cisticercos, alojados na carne de porco.

3. O Caso I tem fundamento, pois a doença de Chagas é causada por uma bactéria transmitida através de contato sexual ou transfusão sanguínea. O Caso II não tem fundamento, pois a cisticercose só pode ser contraída quando a pessoa toma banho em lagoas onde vivem moluscos hospedeiros intermediários do verme.

4. O Caso I não tem fundamento, pois a doença de Chagas é causada por um protozoário que vive em águas contaminadas e penetra ativamente pela pele. O Caso II não tem fundamento, pois a cisticercose não é transmitida por carne contaminada, mas sim por insetos vetores.

5. O Caso I não tem fundamento, pois a doença de Chagas é causada por um protozoário que só pode ser transmitido pela picada de insetos ("barbeiros").

O Caso II tem fundamento, pois a cisticercose é transmitida pelo consumo de carne contaminada por larvas encistadas, os cisticercos.

a) Somente a 1
b) Somente 1 e 2
c) Somente 1 e 5
d) Somente 5
e) 1, 2, 3 e 5 somente

Resolução e comentários

Estão erradas as alternativas 2, 3, 4 e 5.

Erros:

2. (I) O *trypanosoma* não é um verme, e sim um protozoário.
   (II) Os ovos da tênia não são chamados de cisticercos.
3. (I) A doença de Chagas é causada por protozoários.
   (II) A cisticercose não é transmitida por caramujos (moluscos) e o meio de contaminação não utiliza a água.
4. (I) Os protozoários que causam a doença de Chagas são transmitidos pelas fezes do barbeiro.
   (II) A cisticercose não é transmitida por insetos; a contaminação é por via oral.
5. (I) A contaminação é através das fezes do barbeiro e não pela picada.
   (II) A contaminação para a cisticercose é através de ovos da tênia *solium* introduzidos diretamente na boca.

Portanto, a resposta correta é a alternativa **a**.

Saiba

Dicas para aprender

Para decorar as classes: poríferos, cnidários, platelmintes, asquelmintes, anelídios, moluscos, artrópodes, equinodermos, chordados, memorize esta frase:

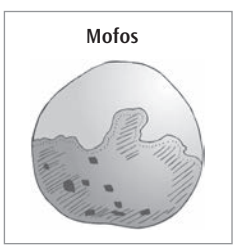
POR Certos PLAnos ASQUErosos ANa MOLestou-se ARrependeu-se EQUIs CHORar (ZOOLOGIA)

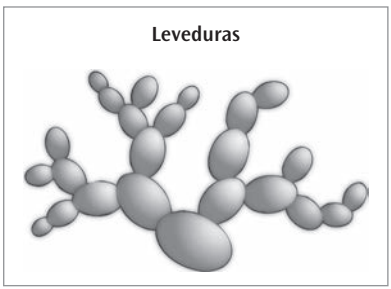
10 Reino Fungi

Os fungos

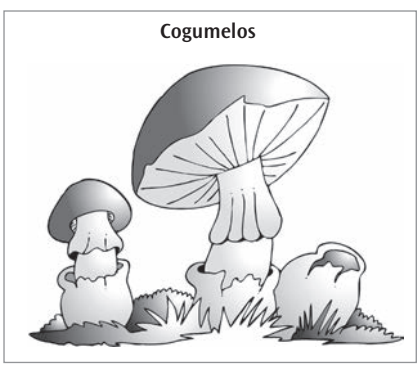
Pertencem ao reino Fungi todos os fungos, seres conhecidos por bolores, mofos, cogumelos e leveduras.

Ivan Coutinho





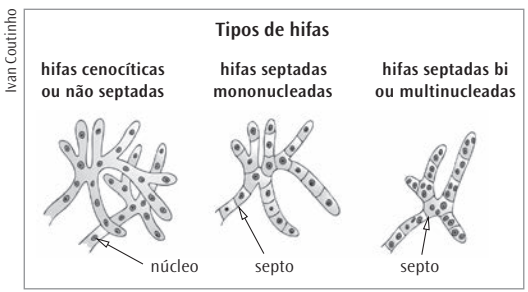
Ivan Coutinho



Os fungos são organismos unicelulares (leveduras) ou pluricelulares (bolores e cogumelos), desprovidos de clorofila. São heterótrofos. Eles conseguem desenvolver-se praticamente em todos os ambientes onde haja umidade, matéria orgânica e pouca luz.

Possuem enzimas altamente ativas que decompõem a matéria orgânica do ambiente. Em função disso, os fungos, juntamente com as bactérias, são os principais decompositores.

Os fungos pluricelulares são constituídos por longas células em forma de filamentos denominadas **hifas**. As hifas se entrelaçam formando uma massa contínua com muitos núcleos denominada **micélio** ou **corpo vegetativo**.



As hifas podem ser contínuas, isto é, sem septos (separação) e são denominadas cenocíticas; são multinucleadas. As que apresentam septos, separando o filamento em pedaços, são denominadas septadas. A parede celular dos fungos é formada por quitina.

Os fungos apresentam digestão extracorpórea. As enzimas digestivas são lançadas sobre a matéria orgânica, iniciando-se o processo de digestão. Em seguida, os filamentos absorvem o alimento já digerido.

Além de existir decompositores ou saprófitas, existem espécies de vida simbióticas (líquen e micorrizas) e de vida parasitária, provocando micoses.

Os fungos são classificados em:

- **Mixomicetos**: os fungos gelatinosos.

- **Eumicetos** (fungos verdadeiros): dividem-se em diversas classes. As principais são: Ficomicetos, Ascomicetos, Basidiomicetos e Deuteromicetos.

Mixomicetos

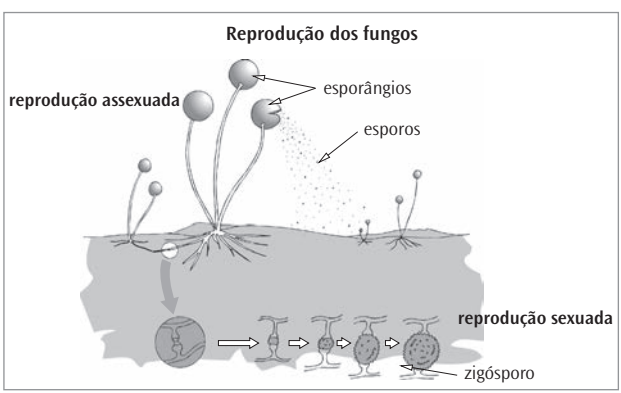
São considerados fungos simples, formados por uma massa de consistência gelatinosa plurinucleada. Desenvolvem-se normalmente no meio de vegetações, sobre troncos de árvores, galhos e folhas.

Alimentam-se de bactérias ou partículas orgânicas (não realizam digestão extracorpórea, como os demais fungos). Reproduzem-se sexuadamente por esporos, formando esporângios (produtor de esporos) onde ocorre a meiose.

Eumicetos

Ficomicetos ou zigomicetos: são fungos microscópicos, de organização simples, encontrados no solo, onde realizam decomposição, ou na água, onde formam esporos dotados de flagelos ou zoósporos. Suas hifas são cenocíticas. O exemplo mais comum é o bolor negro do pão. Reprodução sexuada formando esporângios, onde ocorre meiose formando esporos que, ao cair em locais propícios, germinam originando novos micélios.

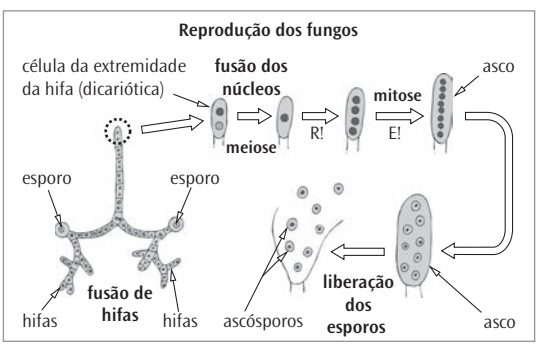
Ivan Coutinho



Ascomicetos: caracterizam-se por possuir esporos denominados ascósporos, que se desenvolvem no interior de hifas denominadas ascos. Cada asco origina sempre oito ascósporos.

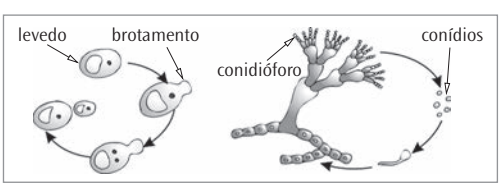
Entre os ascomicetos, podemos citar a *Sacharomyces cerevisiae*, importante na produção de bebidas (cerveja, vinho, saquê) e como fermento na fabricação de pães e bolos. Inclui-se nesse grupo o fungo *Penicillium notatum*, de onde se extrai o antibiótico penicilina. Espécies comestíveis: *Morchella e Tuber*. A principal forma de reprodução é assexuada por brotamento e por esporos que se formam no interior de hifas. Algumas espécies reproduzem-se sexuadamente.

Ivan Coutinho



Formação do ascósporo. Reprodução sexuada.

Ivan Coutinho



A reprodução assexuada dos ascomicetos pode ocorrer por brotamento ou pela formação de esporos (conídios).

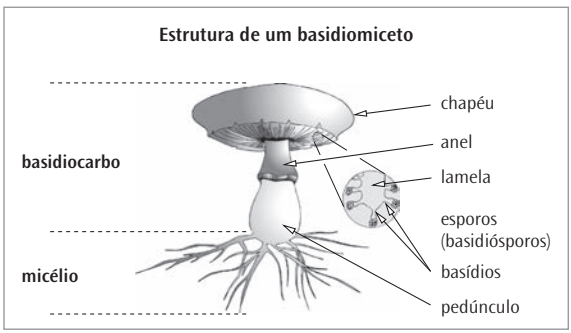
Basidiomicetos são os fungos mais conhecidos: os cogumelos-de-chapéu ou orelha-de-pau. Algumas espécies são comes-

tíveis, como o *Agaricus campestris* (champignon). Cogumelos tóxicos: *Amanita muscaria* e *Psilocybe*, que também produzem substâncias alucinógenas.

O micélio ou corpo vegetativo normalmente são subterrâneos; a parte aérea denominada cogumelo constitui o basidiocarpo ou corpo de frutificação.

A parte superior do basidiocorpo – o chapéu – possui hifas férteis denominadas basídios. Cada basídio, por meiose, produz quatro basiósporos, que, ao serem liberados e caindo em local favorável, germinam originando novos micélios.

Ivan Coutinho



Organização de um basidiomiceto com seus elementos de reprodução.

Deuteromicetos são os chamados fungos imperfeitos por não apresentarem reprodução sexuada.

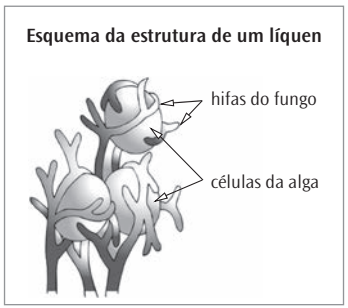
A maioria é formada de parasitas de animais ou de vegetais; exemplo: *Candida albicans* (micose dos pés). Alguns deuteromicetos são fermentadores e utilizados na produção dos queijos roquefort, camambert e gorgonzola. São responsáveis pelos veios escuros presentes nos queijos citados.

Algumas espécies são predadoras de nematódeos (vermes microscópicos) que vivem no solo. A espécie *Aspergillus flavus*, que se desenvolve em diversos grãos, como amendoim e soja, liberam toxinas denominadas aflotoxinas, de comprovada ação cancerígena.

Liquens e micorrizas

Alguns fungos podem estabelecer associações obrigatórias com outras espécies. Essa associação, em que as duas espécies são beneficiadas, recebe o nome de mutualismo.

Ivan Coutinho



Liquens: associação mutualística entre cianobactérias (algas azuis) ou algas verdes e fungos (em geral ascomicetos).

As algas fotossintetizam matéria orgânica, alimentando os fungos. Esses, por sua vez, fornecem água e proteção às algas.

A reprodução dos liquens é assexuada e se faz por sorédio, estruturas formadas por um grupo de algas envolvidas por hifas dos fungos. Os sorédios são geralmente transportados pelo vento e se desenvolvem ao alcançar lugar favorável.

Micorrizas: associação mutualística entre fungos (geralmente basidiomicetos) com raízes de plantas. As hifas envolvem determinadas raízes, aumentando a capacidade de absorção de água e sais minerais da planta. A planta, por sua vez, fornece matéria orgânica ao fungo.

Doenças causadas por fungos

São, de maneira geral, denominadas micoses e na grande maioria são causadas por fungos parasitas externos ou ectoparasitas.

Atacam a pele, as unhas, o couro cabeludo e, em alguns casos, podem invadir órgãos internos.

Entre as micoses mais comuns temos as frieiras, micoses de praia, o sapinho bucal. Parasitando órgãos internos, a mais comum é a micose pulmonar ou blastomicose pulmonar, geralmente adquirida por pessoas com hábito de levar à boca ramos de vegetais.

As medidas profiláticas consistem em manter as superfícies sempre secas, evitar lugares suspeitos de contaminação. Não utilizar pentes, tesouras, alicates de unha e de cutículas sem ser esterilizados. Não mascar ramos de vegetação, principalmente capim.

Teste seu saber

1. (Unisa-SP) O sapinho e a frieira são processos patológicos que afetam o corpo humano em função da atividade de micro-organismos catalogados como:

a) bactérias
b) vírus
c) fungos
d) algas
e) protozoários

2. (Facimpa-MG) A unidade estrutural dos fungos é:

a) micélio
b) plectênquima
c) hifa
d) perídeo
e) conídio

3. (FCC-SP) Os processos abaixo enumerados ocorrem em vegetais, embora possam não estar presentes em todos os grupos:
I – produção de esporos
II – material de reservas: amido
III – fotossíntese
Os fungos apresentam apenas:
a) I b) II c) I e II d) I e III e) II e III

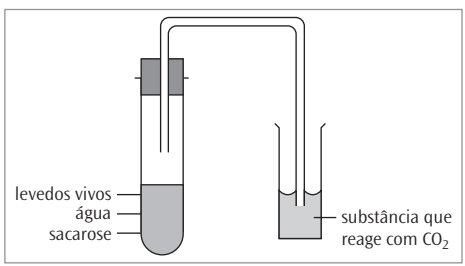
4. (Mackenzie-SP) Algumas espécies do gênero *penicillium* desempenham importante papel na obtenção de antibióticos e também na fabricação de queijos. Na escala de classificação dos seres, o *penicillium* é considerado:

a) bactéria
b) fungo
c) protozoário
d) vírus
e) briófita

5. **(Fuvest-SP) Os liquens da tundra ártica constituem a principal fonte de alimento para renas e caribus durante o inverno. As substâncias orgânicas do alimento desses animais, portanto, são primariamente produzidas por um dos organismos componentes do líquen. Qual é esse organismo e que processo ele utiliza para produzir substância orgânica?**

a) um fungo; fermentação
b) um fungo; fotossíntese
c) um protozoário; fermentação
d) uma alga; fotossíntese
e) uma caianobactéria; quimiossíntese

6. **(Fuvest-SP) A figura abaixo representa uma preparação incluída em uma experiência feita para verificar se levedos em atividade produzem CO_2 quando dispõem de sacarose.**



Um controle adequado para essa experiência é uma preparação semelhante, contendo:

a) levedos vivos em água e glicose.
b) levedos vivos em água.
c) levedos mortos em água e glicose.
d) levedos mortos em água.
e) apenas água.

7. **(Unicamp-SP) Cite dois exemplos de fungos e discuta sua importância.**

8. (PUC-MG) Complete as seguintes lacunas:

a) Liquens são associações de [...] e [...]
b) Nos liquens, as [...] produzem hidratos de carbono e os [...] absorvem água do substrato.
c) As estruturas reprodutivas são denominadas [...]
d) A associação presente nos liquens é um exemplo de [...]
e) Os [...] são aclorofilados, não podendo realizar a [...]

Descomplicando a Biologia

Associações de fungos com algas verdes e cianofíceas constituem os liquens e têm um papel importante na formação dos solos. Os liquens crescem sob condições que outros seres vivos normalmente não suportam, como rochas nuas e regiões desérticas ou geladas. Instalando-se em locais difíceis para outros tipos de seres vivos, eles introduzem alterações microambientais e ajudam a desgastar as rochas e a produzir solo.

a) No líquen, em que consiste a simbiose entre a alga e o fungo?
b) A que se deve, em certos liquens, a capacidade de fixar o nitrogênio do ar?
c) Como se explica a capacidade de adaptação dos liquens a condições adversas à vida?
d) O que se entende por alteração microambiental?

Resolução e comentários

a) No líquen, o fungo aclorofilado fornece H_2O e CO_2 às algas clorofiladas, e estas fornecem alimento e O_2 para o fungo.
b) Certos liquens conseguem fixar o N_2 do ar graças às cianofíceas que deles fazem parte em simbiose com fungos.
c) Os liquens requerem somente luz, água e alguns minerais. Na maioria das vezes, os minerais penetram neles trazidos pelo ar e pela água da chuva.
d) Os liquens produzem pequenas modificações localizadas, determinando o desgaste de rochas e criando condições favoráveis ao desenvolvimento de outros organismos.

11 Reino Plantae ou Metaphyta

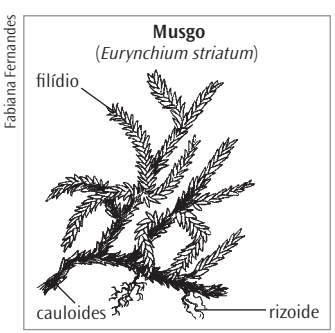
Os vegetais

Todos os vegetais são organismos eucariontes, multicelulares, autótrofos fotossintetizantes, com parede celular constituída de celulose e armazenam amido como substância de reserva.

Classificação dos vegetais

Desde o final do século XIX, a divisão de grupos no reino vegetal leva em conta aspectos reprodutivos. Os dois grandes grupos são as criptógamas e fanerógamas.

Criptógamas são plantas sem sementes. Classificam-se em:



Fabiana Fernandes

- **Briófitas**: Plantas de pequeno porte, desprovidas de vasos condutores (avasculares); o transporte de substâncias ocorre normalmente por osmose, célula a célula. Apresentam estruturas denominadas filoides, cauloides e rizoides, que se assemelham a folhas, caules e raízes verdadeiros. Viçam em ambientes sombrios e úmidos, e algumas espécies em água doce. Os musgos são os principais representantes das briófitas.

- **Pteridófitas**: São as primeiras a apresentar um sistema de vasos condutores (vasculares). Dotadas de transporte de substâncias mais eficiente, adquiriram um porte maior do que as briófitas. Apresentam raízes, caule e folhas, e as principais representantes são as samambaias e as avencas.

Corel Professional Photos

Samambaia

Fanerógamas são plantas com sementes. Classificam-se em:

- **Gimnospermas**: as sementes não se encontram no interior dos frutos. São representadas pelos pinheiros e ciprestes.

Wigold Schäffer/Ministério do Meio Ambiente

Pinheiro-do-paraná, também conhecido por Araucária, nas proximidades do Município de Telêmaco Borba, Estado do Paraná.

- **Angiospermas**: as sementes se encontram protegidas no interior do fruto. Exemplo: laranjeiras, abacateiros e muitos outros.

Corel Professional Photos

Vista parcial de uma tangerineira com frutos.

Estrutura e organização

Botânica é o ramo da biologia que estuda os vegetais. Vamos estudar mais profundamente os grupos vegetais mencionados.

Briófitas

As **briófitas** são representadas pelos musgos, hepáticas e antóceros. São vegetais de pequeno porte, criptógamas (sem sementes), avasculares (sem vasos condutores), dependem da água para reprodução. Vivem em locais úmidos e sombrios, como o interior de florestas tropicais. Algumas poucas espécies vivem em água doce.

Possuem clorofila **a** e **b** e carotenoides. A parede celular é constituída de celulose, como nos demais vegetais, e armazenam amido como substância de reserva.

Reprodução das briófitas

A reprodução das briófitas ocorre por metagênese ou alternância de gerações.

Pteridófitas

As pteridófitas têm nas samambaias e avencas os seus principais representantes. São vegetais mais bem adaptados à vida terrestre

que as briófitas, mas dependem da água para reprodução, o que limita seu hábitat a ambientes úmidos e sombrios. Algumas espécies vivem em ambientes de água doce; outras são epífitas (usam outra planta como suporte, sem parasitá-la).

São criptógamas (não possuem sementes) vasculares, isto é, apresentam vasos condutores de substâncias inorgânicas (água e sais minerais) e substâncias orgânicas (açúcares). O aprimoramento no transporte de substâncias permite melhor desenvolvimento do porte da planta, chegando a alcançar alguns metros de altura, como o samambaiaçu (de onde se extrai o xaxim) e contribui para a adaptação ao ambiente terrestre.

Reprodução das pteridófitas

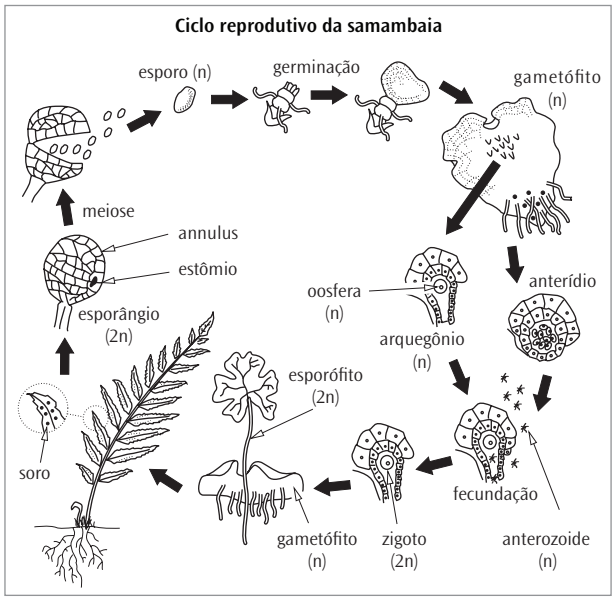
Algumas espécies se reproduzem assexuadamente por fragmentação (pedaços do caule), mas o principal tipo de reprodução é sexuada por metagênese ou alternância de gerações.

Na face inferior das folhas férteis, localizam-se estruturas denominadas receptáculos, onde estão os esporângios (ao agrupamento de vários esporângios dá-se o nome de soro). Os esporângios são pequenas bolsas no interior das quais são encontradas as células-mães de esporos (2N) e que por meiose produziram esporos (N).

O esporângio libera os esporos. Caindo em ambiente favorável, germinam, originando o protalo. O protalo é hermafrodita ou monoico, ou seja, possui anterídios e arquegônios, nos quais se formam os gametas masculino e feminino. A abertura do anterídio ocorre pela presença de água que provém de respingos da chuva ou de orvalho.

Com a presença da água, os anterozoides são liberados. Atingindo o arquegônio, nadam até a oosfera, fecundando-a e formando o zigoto (2N) que, ao se desenvolver, origina o esporófito. Na fase inicial de desenvolvimento, o esporófito alimenta-se do gametófito, depois passa a ter vida independente, e o gametófito regride e degenera.

Markus Steiger



Gimnospermas

As gimnospermas têm nos pinheiros, ciprestes e sequoias seus principais representantes. São plantas bem adaptadas ao ambiente terrestre e às regiões temperadas da Terra.

São vasculares, dotadas de raiz, caule, folhas, flores e sementes. Na escala evolutiva do reino, são os primeiros vegetais a apresentar flores e sementes; são, por isso, denominados de fanerógamas ou espermáfitas. Por não apresentarem frutos, suas sementes aparecem nuas, ou seja, sem proteção externa.

As flores das gimnospermas são denominadas estróbilos.

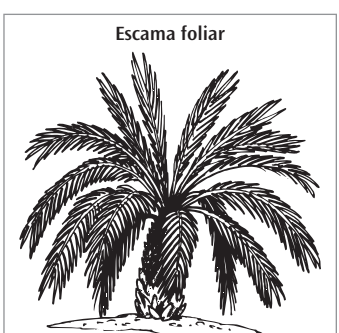
As gimnospermas apresentam espécies monoicas – por exemplo, o pinheiro-europeu, com flores masculinas e femininas no mesmo indivíduo – e espécies dioicas – por exemplo, o

pinheiro-do-paraná, com plantas que produzem flores femininas e plantas que produzem flores masculinas.

As gimnospermas são divididas em quatro classes:

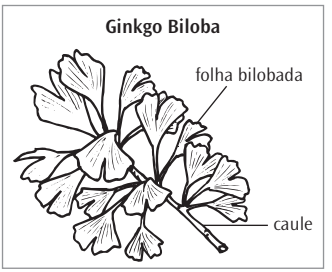
- **Coníferas**: são pinheiros, ciprestes, sequoias, abetos, cedros e outros; árvores de grande porte, tronco espesso, muitos galhos, com folhas longas e finas, ou curtas em forma de escamas. Algumas espécies possuem ciclo de vida muito longo. Exemplos: as sequoias chegam a ultrapassar 100 metros de altura e vivem cerca de quatro mil anos; os pinheiros da Califórnia vivem cerca de 4.600 anos. A principal espécie brasileira é o pinheiro-do-paraná (*Araucária angustifolia*).
- **Cicadófitas**: são encontradas em regiões tropicais da Terra. Gimnosperma primitiva que depende da água para a fecundação, ao contrário das demais gimnospermas, que independem da água para reprodução. O gênero *Cycas* é a espécie mais conhecida: lembra uma palmeira e é muito utilizada para ornamentar jardins.

Glória Costa



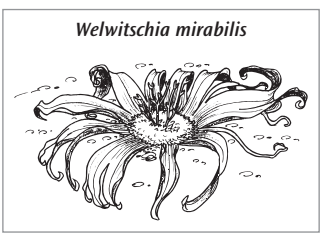
- **Gincófitas**: A única espécie vivente pertence à classe *Ginkgo biloba*, daí serem consideradas "fósseis vivos". Suas folhas são delgadas, em forma de leque.

Glória Costa



- **Gnetófitas**: essa classe inclui gêneros que mostram grandes diferenças entre si. Destacam-se três gêneros:
  - *Welwitschia mirabilis:* encontradas em regiões áridas como desertos.

Glória Costa



  - *Gnetum:* que se compõem de trepadeiras.
  - *Ephedra:* de onde se extrai a efedrina, um alcaloide usado no tratamento de asma e outras doenças.

Reprodução das gimnospermas

Reprodução por metagênese ou alternância de gerações. A fase duradoura e mais desenvolvida é o esporófito diploide (2N). Um pinheiro adulto é o esporófito. O gametófito haploide (N) é pouco desenvolvido e nutre-se do esporófito.

Na época da reprodução, formam-se no esporófito (planta adulta) estruturas denominadas estróbilos ou cones, que são unissexuadas.

Os cones (pinhas) masculinos são pequenos e constituídos pela união de microsporófilos, que se agrupam em espiral ao redor de um eixo central.

Quando os microsporângios se abrem, libertam os grãos de pólen, que são alados e carregados pelo vento (anemofilia) até os cones femininos, onde penetram pela micrópila (orifício do óvulo). Os grãos de pólen germinam e emitem o tubo polínico, estrutura que cresce em direção ao óvulo.

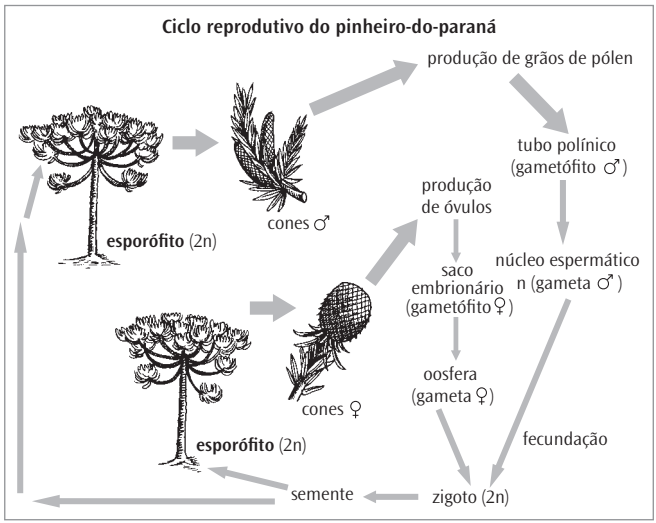
No interior do tubo polínico, por mitose, o núcleo reprodutivo origina dois núcleos espermáticos, que são os gametas masculinos. Por isso, o tubo polínico, local onde se formam os gametas masculinos, é chamado de gametófito masculino. Um dos núcleos espermáticos fecunda a oosfera, e o outro degenera.

O zigoto formado passa por sucessivas mitoses, originando o embrião (2N). O embrião se desenvolve no interior do gametófito feminino, alimentando-se dele. Ao mesmo tempo, o tegumento do megasporângio torna-se rígido e formará a casca ou tegumento da semente.

A semente (pinhão), até amadurecer, fica presa ao megastróbilo (pinha ou cones). Assim que amadurece, desprende-se do estróbilo (cone ou pinha). Caindo em local adequado, germina, originando uma nova planta.

A formação do tubo polínico permite à grande maioria das gimnospermas a independência da água para reprodução, pois o grão de pólen não necessita de água para chegar até a oosfera. E a semente, cuja função é proteger e nutrir o embrião, constitui um grande avanço para adaptação à vida terrestre.

Fabiana Fernandes



Observe no esquema que a planta normalmente conhecida, complexa e duradoura é o esporófito. Já o gametófito, representado pelo tubo polínico (♂) ou pelo saco embrionário (♀), é pouco complexo e passageiro, além de ser heterótrofo e depender do esporófito para o seu desenvolvimento.

Importância das gimnospermas

A madeira das árvores é de grande importância nas indústrias de papel, móveis, construções de casas etc.

Algumas espécies servem de ornamento, como, por exemplo, os ciprestes, as tuias e a própria pinha.

O pinhão serve de alimento, pois possui uma grande reserva de substâncias nutritivas – o endosperma, onde se localiza o embrião, que dele se alimenta quando ocorre a germinação.

Angiospermas

Grupo de vegetais representados pelas plantas frutíferas, é o grupo de maior dispersão e mais abundante na face da Terra.

São plantas vasculares, fanerógamas, cuja semente encontra-se protegida dentro do fruto. Adaptadas aos mais diversos ambientes, encontram-se em regiões tropicais, temperadas, frias e desertos.

O corpo das angiospermas é dotado de raízes, caules, folhas, flores, sementes e frutos. Independem de água para reprodução.

Reproduzem-se por metagênese ou alternância de gerações, sendo o esporófito (2N) a fase mais desenvolvida e duradoura. O gametófito (N) é extremamente reduzido, com a vida transitória e dependente do esporófito. O gametófito representa uma pequena etapa no processo da reprodução (formação da semente).

São plantas de fundamental importância para o ser humano, tanto economicamente – quando utilizadas nos mais diversos setores industriais, tais como alimentício, têxtil, madeireiro, farmacológico, ornamental e outros – como na manutenção da vida e equilíbrio dos ecossistemas, como produtores das cadeias alimentares.

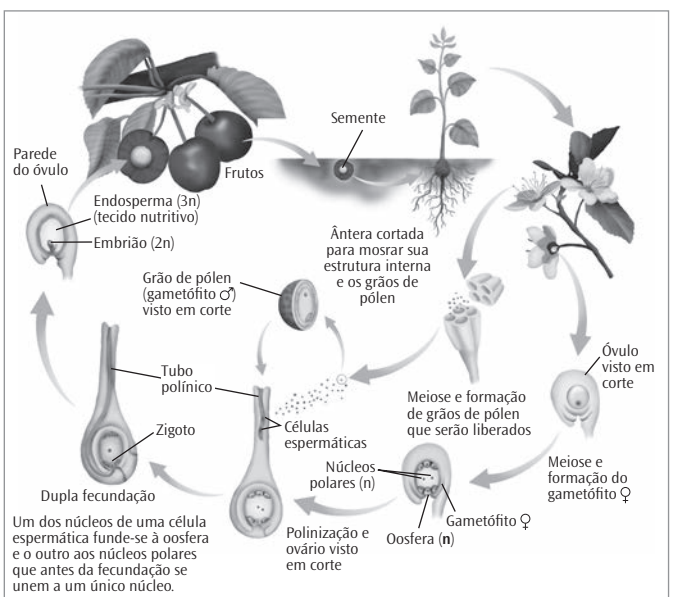
A flor, assim como nas gimnospermas, é o órgão responsável pela reprodução sexuada das angiospermas.

Uma flor completa apresenta as seguintes partes:

- **pedúnculo**: haste que prende a flor ao caule.
- **receptáculo floral**: parte dilatada do pedúnculo, onde se inserem os verticilos florais.
- **verticilo**: conjunto de folhas modificadas, relacionadas à proteção de outros órgãos. Os verticilos florais são:
  - **cálice**: conjunto de folhas modificadas, geralmente verdes, denominadas sépalas.
  - **corola**: formada por um conjunto de pétalas, geralmente coloridas, auxilia indiretamente na reprodução, atraindo os agentes polinizadores. Dá-se o nome de perianto ao conjunto de cálice e corola.
  - **androceu**: parte masculina da flor, constituída por folhas modificadas, denominadas estames. O estame é formado de três partes: ântera, filete, conectivo.
- **Ântera**: porção dilatada, localizada na parte superior do estame, corresponde ao microsporângio, onde se originam os grãos de pólen.

- **Filete**: haste que prende a antera ao receptáculo floral.
- **Conectivo**: tecido que une as duas parte da antera.
- **Gineceu**: é a parte feminina da flor. Constituída por folhas modificadas denominadas pistilos ou carpelos. Corresponde ao megasporófilo. O pistilo ou carpelos são constituídos por três partes: estigma, estilete, ovário.

1. **Estigma**: porção terminal e dilatada do carpelo. Apresenta a superfície viscosa com a finalidade de receber o grão de pólen.
2. **Estilete**: haste de comunicação entre o estigma e o ovário.
3. **Ovário**: base dilatada do carpelo. Em seu interior ocorre a formação de óvulos.


Semente
Parede do óvulo
Frutos
Endosperma (3n) (tecido nutritivo)
Embrião (2n)
Ântera cortada para mosrar sua estrutura interna e os grãos de pólen
Grão de pólen (gametófito ♂) visto em corte
Óvulo visto em corte
Tubo polínico
Meiose e formação de grãos de pólen que serão liberados
Zigoto
Células espermáticas
Núcleos polares (n)
Meiose e formação do gametófito ♀
Dupla fecundação
Gametófito ♀
Oosfera (n)
Polinização e ovário visto em corte
Um dos núcleos de uma célula espermática funde-se à oosfera e o outro aos núcleos polares que antes da fecundação se unem a um único núcleo.

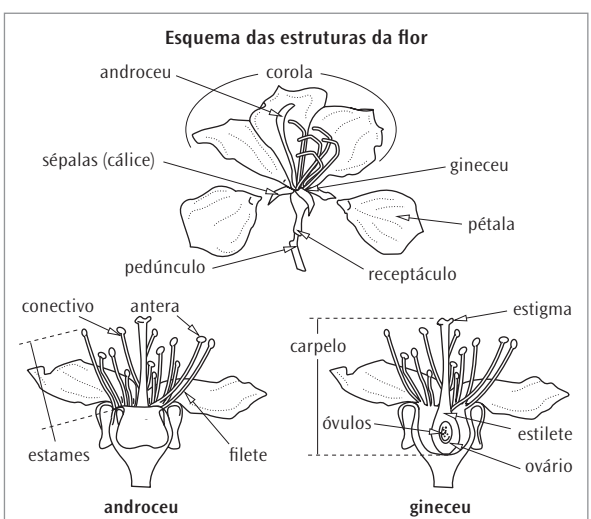
Esquema simplificado do ciclo de vida de uma angiosperma. (Elementos representados fora de proporção, sendo alguns em cores-fantasia).

A grande maioria das flores das angiospermas é hermafrodita (apresenta androceu e gineceu), facilitando a autofecundação. Mas a autofecundação apresenta desvantagem para as espécies, dificultando a variabilidade de características genéticas. Para impedir a autofecundação, as flores possuem adaptações que impedem o processo e facilitam a fecundação cruzada (entre flores diferentes), tais como:

- **Hercogamia**: ocorrência de uma barreira entre a antera e o estigma (alturas diferentes, por exemplo).
- **Protandria**: androceu amadurece antes do gineceu.
- **Protoginia**: gineceu amadurece antes do androceu.

Assim como nas angiospermas, o grão de pólen armazena no seu interior um núcleo vegetativo e um núcleo reprodutivo (ambos haploides). O óvulo é o megasporângio – apresenta em seu interior a célula-mãe do megásporo (2N). Esta sofre meiose e origina quatro células: três degeneram e apenas uma torna-se funcional. A célula funcional cresce e seu núcleo haploide sofre três mitoses sucessivas, originando oito núcleos haploides.

Markus Steiger



Esquema das estruturas da flor

Três delas localizam-se próximo a uma abertura do óvulo denominada micrópila. Uma fica no centro e é a oosfera (gameta feminino); as outras duas posicionam-se uma de cada lado da oosfera e recebem o nome de sinérgides. No lado oposto à micrópila do óvulo, ficam três outras, denominadas antípodas. E, na região central do óvulo, ficam as duas restantes, denominadas núcleos polares. A parte interna do óvulo, que armazena os oito núcleos haploides, recebe o nome de saco embrionário, constituindo o gametófito feminino das angiospermas.

Polinização e fecundação

A **polinização** consiste no transporte do grão de pólen da ântera do androceu ao estigma do gineceu. Ela pode ser natural ou artificial, ocorrendo por vários agentes polinizadores, tais como:

- vento: anemofilia
- insetos: entomofilia
- pássaros: ornitofilia
- água: hidrofilia
- morcego: quiropterofilia
- homem: (antropofilia), que é a polinização artificial

Normalmente, a polinização ocorre pelo vento quando as flores não apresentam atrativos, tais como variações de cores, pétalas grandes, glândulas que produzem néctar e glândulas que exalam aromas. Exemplos: as flores das gramíneas. Chegando ao estigma, o grão de pólen germina, originando o tubo polínico. Este cresce ao longo do estilete até alcançar a micropila do óvulo. Próximo ao óvulo, o núcleo reprodutivo divide-se, originando dois núcleos espermáticos, e o núcleo vegetativo degenera.

O tubo polínico que transporta os núcleos espermáticos (gametas masculinos) é o gametófito masculino.

Ao atingir o óvulo, um dos núcleos espermáticos fecunda a oosfera, formando o zigoto (2N). O outro núcleo espermático

funde-se aos dois núcleos polares do óvulo, originando um núcleo triploide (3N).

Este núcleo triploide se dividirá intensamente, dando origem a um tecido triploide, denominado endosperma ou albume. Normalmente, o endosperma nutre o embrião no início de seu desenvolvimento. As células sinérgides e as antípodas degeneram após a fecundação. O zigoto sofre mitoses sucessivas, formando o embrião.

Após a fecundação o óvulo se desenvolve, originando a semente. O ovário também se desenvolve, originando o fruto.

Em condições favoráveis o embrião germina e se desenvolve, originando uma nova planta.

Sementes e frutos

Ocorrendo a fecundação, o óvulo origina a semente, e o ovário, o fruto.

A semente é constituída de duas partes: o tegumento e a amêndoa.

O **tegumento** é envoltório externo. Nas angiospermas, o tegumento é formado por duas camadas: testa e tégmen.

A **amêndoa** divide-se em duas partes: embrião e endosperma.

O zigoto (2N) origina o embrião. É a partir do embrião que se desenvolverá a radícula (que formará a raiz), a caulícula (que desenvolverá no caule), a gêmula (que formará a porção apical do caule).

Estruturas da semente de feijão

Os cotilédones são folhas modificadas com função de nutrir o embrião em início de desenvolvimento. A presença de um ou dois cotilédones na semente classifica as angiospermas em monocotiledôneas e eudicotiledôneas.

Além de se diferenciar quanto ao número de cotilédones, as monocotiledôneas e as eudicotiledôneas apresentam outras características que as diferenciam, tais como:

Diferenças entre monocotiledôneas e eudicotiledôneas		
	Monocotiledôneas	**Eudicotiledôneas**
Semente	um cotilédone	dois cotilédones
Folha	com nervuras paralelas.	com nervuras ramificadas.
Flor	com três pétalas ou múltiplo de três; são flores trímeras	com quatro ou cinco pétalas ou múltiplo de quatro ou cinco; são tetrâmeras ou pentâmeras
Fruto	Frutos com 3 lojas (ou múltiplos)	Frutos com 2 ou 5 lojas (ou múltiplos)
Caule	em geral, não ramificado, vasos condutores espalhados irregularmente	em geral ramificado, vasos ordenados na periferia
Raízes	fasciculadas ou em forma de cabeleira	pivotante ou raiz axial

Dispersão das sementes

Muitos vegetais possuem adaptações que permitem disseminar ou dispersar as sementes no meio ambiente. Essas adaptações evitam a competição intraespecífica (sementes da mesma espécies desenvolvendo-se em áreas próximas) e permitem às espécies conquistar novos ambientes e povoar outras regiões. Exemplos de dispersão:

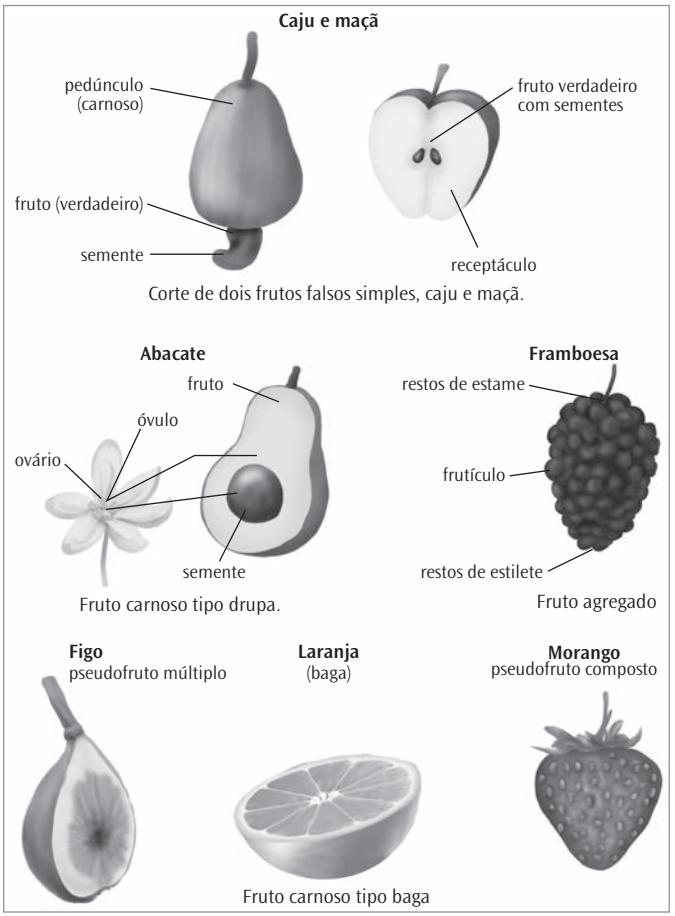
- **Anemocoria**: dispersão pelo vento. Exemplo: semente da paineira.
- **Hidrocoria**: dispersão pela água. Exemplo: coco-da-baía.
- **Zoocoria**: dispersão pelos animais. Quando o animal ingere as sementes e as defeca intatas (zoocoria endozoica). O carrapicho e o picão apresentam expansões que se fixam no corpo de animais, que as transportam para outras regiões (zoocoria epizoica).

Frutos

Com a função de proteger as sementes e preparar o solo, facilitando a germinação, os frutos podem ser verdadeiros, quando se formam a partir de ovário, como o abacate, ou falsos, quando se formam de outras partes da planta, como pedúnculo (caju); receptáculo (maçã); inflorescência (figo, abacaxi, framboesa).

Quanto ao tipo, podem ser **carnosos** (baga ou drupa) como o pêssego, tipo de drupa, e a laranja, tipo de baga, ou **secos**, como a noz.

O fruto carnoso apresenta epicarpo, mesocarpo e endocarpo; o mesocarpo é a parte comestível.



Corte de dois frutos falsos simples, caju e maçã.

Fruto carnoso tipo drupa.

Fruto agregado

Fruto carnoso tipo baga

Teste seu saber

1. (Ufes) No ciclo de vida das briófitas, podem ser consideradas as seguintes etapas:

I – Produção de esporos
II – Produção de gametas
III – Formação de um vegetal haploide
IV – Formação de um vegetal diploide

A sequência correta em que ocorrem essas etapas é:

a) I – III – II – IV
b) I – IV – II – III
c) II – III – IV – I
d) II – I – III – IV
e) III – I – IV – II

2. (Vunesp-SP) A uma pessoa que comprasse um vaso de samambaia numa floricultura e pretendesse devolvê-lo por ter verificado a presença de pequenas estruturas escuras, dispostas regularmente na face inferior das folhas, você diria que:

a) A planta, com certeza, estava sendo parasitada por um fungo.
b) A planta necessita de adubação, por mostrar sinais de deficiências nutricionais.
c) A planta tinha sido atacada por insetos.
d) As pequenas estruturas eram esporângios reunidos em soros, os quais aparecem normalmente durante o ciclo da planta.
e) A planta se encontrava com deficiências de umidade, mostrando manchas necróticas nas folhas.

3. (Mackenzie-SP) O desenho representa uma folha de samambaia.

A estrutura indicada pela seta é chamada ....., sendo formada por um conjunto de ..... .

Qual a alternativa que completa corretamente as lacunas acima?

a) soro e esporângios
b) esporângio, soros
c) antera, pólen
d) esporangiófoto, esporos
e) soro, pólen

4. (Fuvest-SP) Um estudante fez as seguintes afirmações com relação ao pinheiro-do-paraná:

1. Pertencem ao grupo das gimnospermas, plantas que produzem sementes nuas.
2. O fruto, conhecido como pinhão, é comestível.
3. As flores encontram-se reunidas em inflorescências compactas.
4. O caule é um rizoma.

São corretas as afirmações:

a) 1 e 4
b) 2 e 3
c) 2 e 4
d) 1 e 3
e) 1 e 2

5. (Fuvest-SP) A presença de flores trímeras, sistema radicular fasciculado e folhas paralelinérveas caracteriza:

a) angiospermas em geral
b) monocotiledôneas
c) dicotiledônes
d) gimnospermas
e) pteridófilas

6. (Fuvest-SP) As angiospermas desenvolveram, durante a evolução, uma série de características que as tornou o grupo mais complexo entre os vegetais.

Assinale as alternativas incorretas com relação a essas características e aos aspectos que justificam o sucesso do grupo.

1. São as únicas plantas que produzem frutos, constituindo fontes de alimentos para o homem e outros animais.
2. São plantas vasculares, com o corpo dotado de raízes, caule, folhas, flores, frutos e sementes.
4. Pela primeira vez na escala evolutiva vegetal, independente da água para a fecundação e se reproduzem por alternância de gerações, o que favorece a adaptação nos mais variados ecossistemas da Terra.
8. No final do processo de reprodução, o zigoto ou célula-ovo transforma-se em semente, abrigando um embrião e um endosperma

(tecido haploide rico em substância de reserva que nutre o embrião). A aquisição da semente contribui para favorecer a propagação das espécies e a adaptação do grupo à vida terrestre.

16. Podem ser classificadas de acordo com o número de cotilédones presentes na semente. Assim, as angiospermas monocotiledôneas possuem suas sementes abrigando apenas um cotilédone; já nas dicotiledôneas, as sementes contêm dois cotilédones. A aquisição dos cotilédones (folhas modificadas) tornou mais amplo o acúmulo de substâncias nutritivas destinadas à nutrição do embrião.
32. Quanto à relação entre as fases de gametófito e esporófito, a mais complexa e duradoura é a do esporófito, enquanto a do gametófito representa a fase menos complexa, extremamente curta, passageira e dependente do esporófito. A reprodução sexuada permitiu o aumento da variabilidade genética nas espécies cujas flores podem ser polinizadas por diversos tipos de agentes e formas de atuação.

A soma das alternativas incorretas vale:

a) 36
b) 12
c) 22
d) 13
e) 48

7. (Fuvest-SP) Não realizam fotossíntese:

a) Pteridófitas
b) Cianofíceas
c) Liquens
d) Fungos
e) Briófitas

8. (PUC-RJ) "Minha terra tem palmeiras
Onde canta o sabiá
As aves que aqui gorjeiam
Não gorjeiam como lá".
(Gonçalves Dias, *Canção do exílio*).

Esses versos do famoso poeta romântico Gonçalves Dias, além de valorizarem o ideal nacionalista, fazem uma citação a dois representantes: um da flora e outro da fauna, típico do nosso país.

Sobre esses representantes, são feitas as seguintes afirmativas:

I. A representante da flora é uma gimnosperma e o da fauna possui circulação aberta.
II. A representante da flora não possui vasos condutores de seiva e o da fauna possui um coração com 4 cavidades.

III. A representante da flora é uma monocotiledônea e o da fauna tem como principal excreta o ácido úrico.

Assinale:

a) Se II e III são corretas
b) Se apenas II é correta
c) Se I e III são corretas
d) Se apenas III é correta
e) Se I e II são corretas

9. (Fuvest-SP) Com relação à conquista do meio terrestre, alguns autores dizem que "as briófitas são os anfíbios do mundo vegetal". Justifique essa analogia.

10. (Unicamp-SP) A Mata Atlântica é um ambiente bastante úmido. Nesse ambiente, é comum encontrar diversos tipos de plantas verdes, de pequeno porte (alguns centímetros), crescendo sobre troncos e ramos de árvores, bem como recobrindo certas áreas na superfície do solo. A reprodução destas plantas não ocorre por meio de flores, mas no seu ciclo há gametas envolvidos. Que plantas são essas? Qual o fator de delimita o seu tamanho? Qual é a fase transitória do seu ciclo reprodutivo?

11. (Vunesp-SP) Um estrangeiro, em visita à região Sul do Brasil, teve sua atenção voltada para uma planta nativa, de porte arbóreo, com folhas pungentes e perenes e flores reunidas em inflorescências denominadas estróbilos. Desta planta, obteve um saboroso alimento, preparado a partir do cozimento em água fervente.

a) Qual o nome popular desta planta e a que grupo pertence?
b) O alimento obtido corresponde a que parte da planta?

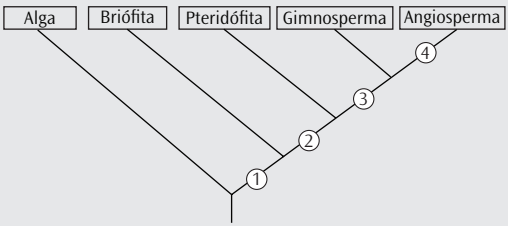
12. (PUC-SP) Ao discutir com colegas a origem do fruto, um estudante afirmou:

"O tomate é um fruto verdadeiro, enquanto o caju é um pseudofruto".

Você concorda com essa afirmação? Justifique sua resposta.

Descomplicando a Biologia

(Fuvest-SP)



O diagrama representa as relações filogenéticas entre as algas e os principais grupos de plantas atuais. Cada círculo numerado indica uma aquisição evolutiva compartilhada apenas pelos grupos representados nos ramos acima desse círculo. Por exemplo, o círculo 1 representa "embrião dependente do organismo genitor", característica comum a todos os grupos, exceto ao das algas. Os círculos de números 2, 3 e 4 representam, respectivamente:

a) alternância de gerações; fruto; semente
b) alternância de gerações; tecidos condutores; fruto
c) tecidos condutores; fruto; flor
d) tecidos condutores; semente; fruto
e) semente; flor; tecidos condutores

Resolução e comentários

Os círculos representam o ganho evolutivo de um grupo em relação aos anteriores. O círculo 2 marca o surgimento dos tecidos de condução e sustentação que aparecem a partir das pteridófitas em diante, e que não estão presente nas briófitas.

O círculo 3 marca o surgimento da flor e da semente que ocorrem das gimnospermas em diante, mas que estão ausentes do grupo das pteridófitas.

Por fim, o círculo 4 assinala o surgimento do fruto que se encontra apenas no grupo das angiospermas.

A alternativa correta é a **d**.

12 Histologia, anatomia e fisiologia vegetal

Histologia

Os vegetais, da mesma forma que os animais, são formados por células, que na fase embrionária se diferenciam tanto na estrutura como no funcionamento, constituindo os tecidos. Os tecidos vegetais são divididos em dois grupos: os meristemas (ou tecidos embrionários) e tecidos permanentes (ou diferenciados).

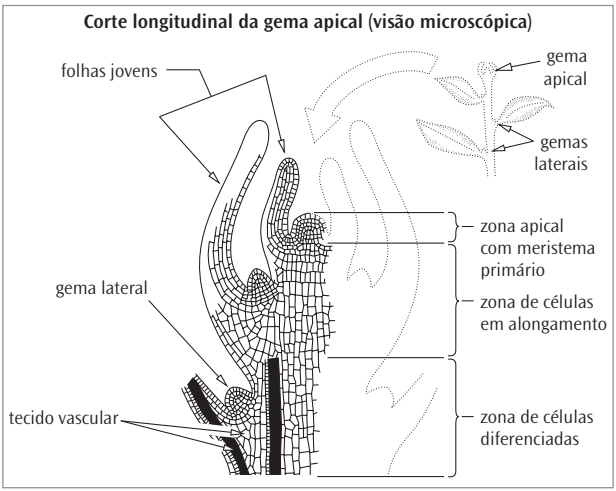
Tecidos meristemáticos

Os meristemas são tecidos responsáveis pelo crescimento e desenvolvimento da planta. Formam-se a partir de sucessivas divisões mitóticas, desde o zigoto. Suas células são pequenas e não apresentam diferenciações.

Os tecidos meristemáticos podem ser divididos em dois tipos:

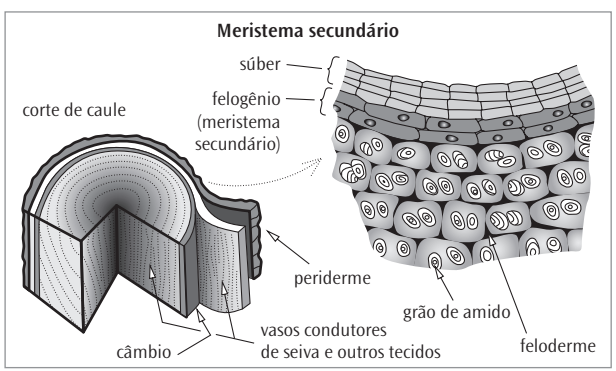
- **Meristema primário**: responsável pelo crescimento longitudinal da planta. Suas células originam-se a partir do embrião. São encontrados nas partes em que ocorre crescimento: região apical da raiz e do caule, gemas apicais e gemas laterais. À medida que as células do meristema primário se proliferam, dão origem à epiderme (função de revestimento), ao córtex (acumula reservas) e ao cilindro central (vasos condutores). Na raiz, além dessas três variedades citadas, forma-se também o caliptogênio, que dará origem à coifa, estrutura rígida que protege a ponta da raiz.
- **Meristema secundário**: responsável pelo crescimento em espessura, é dividido em dois tipos: o felogênio e o câmbio.
  - **felogênio**: produz o súber ou cortiça (tecido morto com função de proteção) e o feloderma, tecido vivo com função de preenchimento.

Markus Steiger



- **câmbio**: forma-se por desdiferenciação de células do cilindro central. Essas células se proliferam, dando origem aos vasos condutores de seiva: os lenhosos transportam seiva bruta ou inorgânica e situam-se no interior do caule; e os vasos liberianos, condutores de seiva elaborada ou orgânica, situado mais externamente do que os vasos lenhosos.

Markus Steiger



Corte transversal do caule

Tecidos permanentes

Os tecidos permanentes são constituídos por células com alto poder de diferenciação, originadas a partir de células dos tecidos meristemáticos primário e secundário. Suas células são altamente especializadas. Os tecidos permanentes subdividem-se em: parenquimatosos, tegumentares, secretores, de sustentação e condutores.

Tecidos parenquimatosos

Também conhecidos como de reserva e assimilação.

- **Parênquima clorofiliano**: encontrado em grande quantidade nas folhas e nos caules finos e verdes. Suas células são ricas em clorofila, portanto têm função fotossintetizante, produzindo alimentos. De acordo com o formato e a função das células, o tecido parenquimatoso clorofiliano subdivide-se em: lacunoso e paliçádico. O lacunoso apresenta espaços intercelulares, e o paliçádico possui células justapostas que, além de realizar fotossíntese, protegem a célula contra o excesso de transpiração e de luz solar.
- **Parênquima de reserva**: especializados em armazenar reservas de substâncias, como água, ar e amido.

Tecidos tegumentares

Também conhecidos como tecidos de proteção e revestimento. Têm por função proteger a planta e auxiliá-la a sobreviver em ambiente terrestre. O tecido tegumentar apresenta dois tipos básicos: a epiderme e o súber ou tecido suberoso.

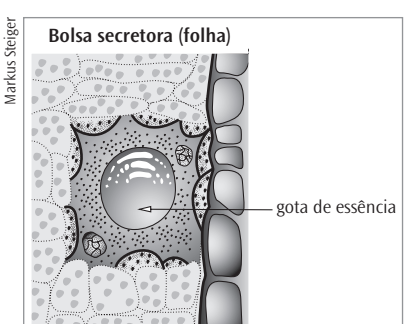
- **Súber ou tecido suberoso**: formado por várias camadas de células mortas e ocas. As paredes celulares são revestidas por suberina, um lipídio impermeável. Protege as partes mais antigas da raiz e do caule. É popularmente conhecido como cortiça.
- **Epiderme**: camada de células justapostas, revestindo todas as partes da planta. Por exercer várias funções, apresenta adaptações como:
  - *cutícula:* camada de lipídeos, com função impermeabilizadora, evitando a desidratação da planta.

- *acúleos:* projeções pontiagudas e resistentes, com função de proteção. São comuns em roseiras e facilmente confundidos com espinhos.
- *pelos:* quando presentes nas folhas, protegem contra a perda de água. Nas raízes, são encontrados os pelos absorventes, com função de absorver água e sais minerais do solo.
- *estômatos:* presentes nas folhas, em caules jovens, e em algumas flores. Formado por duas células, com um orifício regulável entre elas, o qual controla as trocas respiratórias e a saída de água na forma de vapor, possibilitando a respiração e a fotossíntese.
- *hidatódios:* com características e funções semelhantes às dos estômatos. Localizam-se nas bordas das folhas, por onde são eliminados os excessos de água e sais minerais. Esse fenômeno recebe o nome de sudação ou gutação.

Tecidos secretores

Secreções são substâncias produzidas pelos seres vivos, que podem ser utilizadas pelo organismo ou jogadas para o exterior.

- **Pelos glandulares:** encontrados em folhas de urtiga (secretam substâncias urticantes). Plantas carnívoras secretam enzimas digestivas, que promovem a digestão de insetos.
- **Nectórios:** bolsas secretoras, presentes nas folhas, onde é produzido o néctar e substâncias aromáticas.



- **Canais laticíferos:** são canais produtores de látex (substância leitosa), encontrado em plantas, como as seringueiras.

Tecidos de sustentação

Funcionam como suporte, sustentando e dando apoio ao corpo da planta. Os tecidos de sustentação apresentam-se de dois tipos: o colênquima e o esclerênquima.

- **colênquima:** formado por células vivas com aspecto de fibras que se multiplicam até a fase adulta. Mesmo com função de sustentar a planta, não apresenta grande rigidez, o que possibilita certa flexibilidade do caule.
- **esclerênquima:** formado por células mortas lignizadas, que dão grande rigidez ao caule.

Tecidos condutores

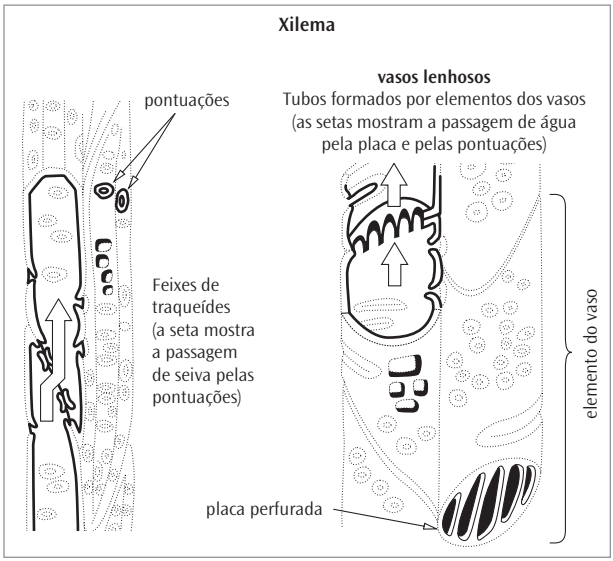
Presentes nas plantas vasculares ou traqueófitas (pteridófitas, gimnospermas e angiospermas). É o tecido que se encarrega de transportar pelo corpo do vegetal todas as substâncias necessárias à vida.

Apresentam dois tipos: o lenho ou xilema, responsável por transportar água e sais minerais absorvidos do solo, através de pelos absorventes presentes nas raízes, e transportar essas substâncias inorgânicas até as folhas, onde são utilizadas no processo da fotossíntese; e o líber ou floema, através do qual a seiva elaborada ou orgânica é transportada para todas as partes da planta.

Principais características dos vasos lenhosos ou xilema: formados por células mortas, impregnadas de lignina. O material que forma a célula, ao se decompor, deixa canais através dos quais uma célula se comunica com a outra, recebendo o nome de traqueias ou elementos dos vasos.

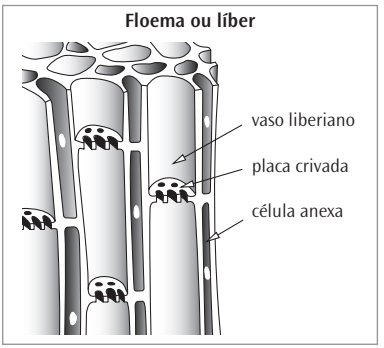
Nas gimnospermas, as células são alongadas, igualmente mortas, ocas e lignizadas, que se comunicam por pontos denominados

traqueídes, por onde a água escoa. Dependendo do local onde ocorre maior concentração de lignina, os vasos recebem denominações de: anelados, espiralados, pontuados etc.



Principais características dos vasos liberianos ou floema: formados por células vivas, que contêm aberturas em forma de canais. Esses canais sofrem interrupções de espaço em espaço, por uma fina membrana em posição transversal aos canais.

Essa membrana apresenta perfurações denominadas crivos ou placa crivada. A seiva elaborada escoa pelos canais, atravessando as placas crivadas, e é distribuída por toda a planta. Esses vasos são sustentados pelas fibras esclerenquimatosas e eliminados pelas células do parênquima.



Markus Steiger

Anatomia e fisiologia vegetal

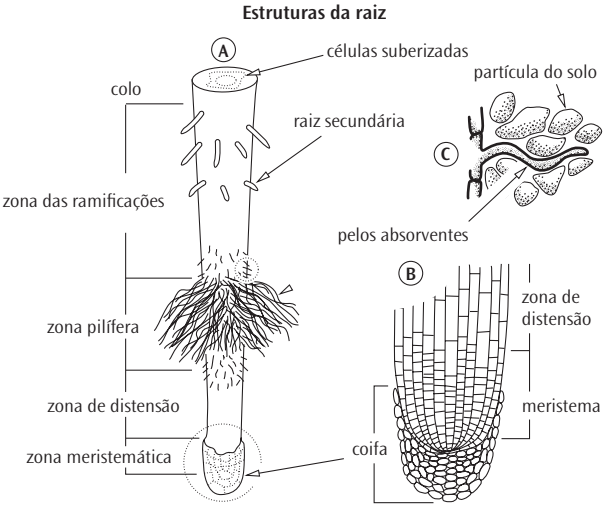
Raiz

Com função de absorver água e sais minerais e promover a fixação da planta, a raiz é um órgão geralmente aclorofilado e subterrâneo; externamente apresenta as seguintes regiões:

- **Coifa**: localizada na extremidade da raiz. Constituída por células meristemáticas, que são renovadas constantemente, funciona como um capuz protetor, evitando lesões por atrito com o solo.
- **Região de distensão ou crescimento**: seguindo a coifa, a região de crescimento é constituída por células meristemáticas que crescem por alongamento ou distensão. É desprovida de qualquer tipo de ramificação, denominada também de zona lisa.
- **Região pilífera**: logo após a região de crescimento. Células epidérmicas dessa região apresentam expansões denominadas pelos absorventes, que permitem aumento de superfície em contato com o solo, possibilitando maior capacidade de absorção.
- **Região de ramificação**: na sequência da região pilífera ou de absorção, encontra-se a parte da raiz de onde saem as raízes secundárias que aumentam o poder de fixação do vegetal ao solo e a capacidade de absorção.

- **Colo**: região de transição entre a raiz e o caule.

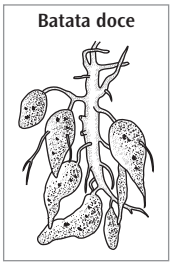
Markus Steiger



Tipos de raízes

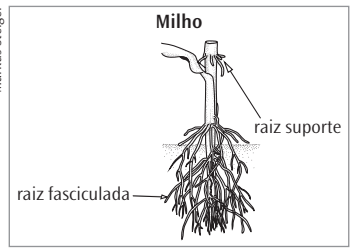
- **Raízes tuberosas**: atuam como órgãos de reserva; exemplo: beterraba, cenoura, batata-doce, nabo e rabanete.

Markus Steiger



- **Raízes suportes** (raízes escoras): comuns nos manguezais, partem do caule, melhorando as condições de fixação nesse tipo de solo lodoso e instável. Por partirem do caule, as raízes suporte recebem o nome de adventícias; exemplo: milho.

Markus Steiger

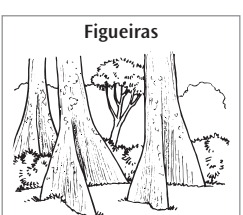


- **Raízes fasciculadas ou cabeleira**: quando não existe raiz principal, todas as raízes são aproximadamente do mesmo tamanho e partem do mesmo ponto. Comuns nas monocotiledôneas. Exemplos: arroz, trigo e milho.

Glória Costa

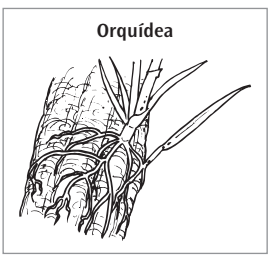
- **Raízes tabulares**: são raízes secundárias e espessas, que ajudam na fixação e sustentação da planta. São encontradas em árvores de grande porte.

Glória Costa



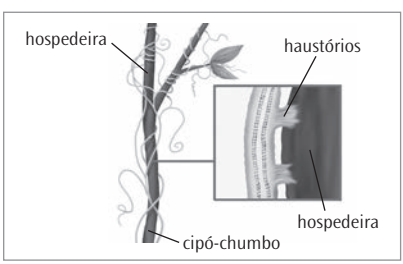
- **Raízes aéreas**: encontradas nas plantas epífitas, como as orquídeas. São raízes revestidas por uma estrutura denominada velame, que absorve umidade do ar. Em tempo seco, ficam repletas de ar, evitando a evaporação. Em algumas epífitas, desenvolvem-se estruturas denominadas cipós, que, ao se ramificar, enrolam-se no caule, comprimindo-o fortemente e interrompendo o transporte da seiva elaborada; então, a planta morre. São chamadas cipós "mata-paus".

Glória Costa

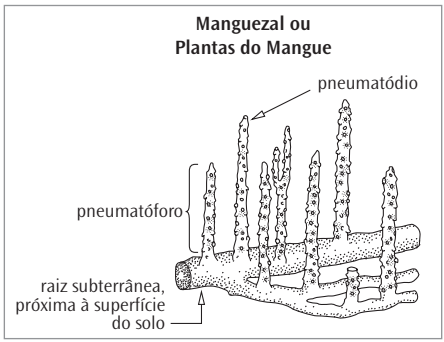


- **Raízes sugadoras ou haustórios**: retiram a seiva de outras plantas, podendo levá-las à morte. Ex.: cipó-chumbo.

L.M.



- **Raízes respiratórias ou pneumatóforos**: são encontradas normalmente em solos pobres em oxigênio e estão adaptadas à respiração.



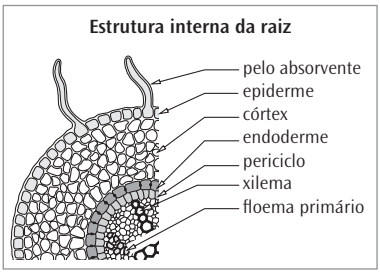
Morfologia interna da raiz

Estrutura primária

Forma-se a partir do meristema primário do embrião. Em um corte transversal, observamos três regiões:

- **Epiderme**: formada por células vivas, sem superfície cutinizada, o que permite melhor absorção de água e sais minerais do solo. Nela estão presentes os pelos absorventes.
- **Córtex**: formado por parênquima cortical. A camada mais interna do parênquima denomina-se endoderme. A endoderme é formada por uma camada de células dispostas ao redor do cilindro central. Na endoderme das dicotiledôneas, o depósito de lignina e suberina forma as estrias de Gaspary.
- **Cilindro central**: situado na parte mais interna da raiz, formado por uma camada de células denominada periciclo, responsável pela formação das raízes secundárias. Dentro do periciclo encontram-se o xilema e o floema. Entre o xilema e o floema há o câmbio, responsável pelo crescimento secundário da raiz.

Markus Steiger

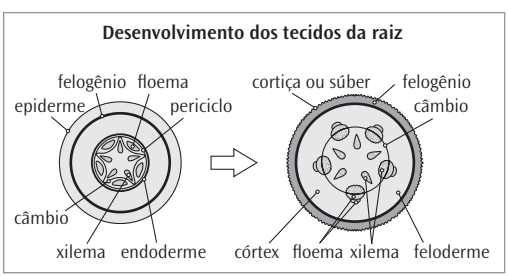


Estrutura secundária

Presente somente nas plantas com crescimento secundário (em espessura). Exemplo: as angiospermas dicotiledôneas e gimnospermas.

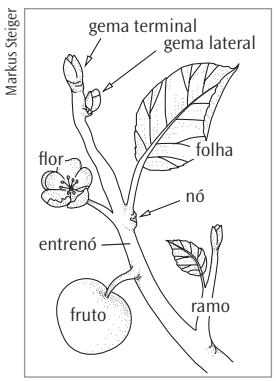
O crescimento em espessura da raiz ocorre graças ao aparecimento de um tecido secundário (câmbio). As células de câmbio passam por sucessivas divisões, separando camadas de células que formam xilema secundário para dentro da raiz e camadas de células que formam floema secundário para fora. A partir do periciclo, surge o meristema secundário denominado felogênio. O felogênio, por sucessivas divisões, origina para fora o súber e para dentro células do parênquima. Súber, felogênio e parênquima constituem a periderme vegetal, em substituição da epiderme.

Markus Steiger



Caule

Possui função de sustentar folhas e órgãos de reprodução e também promover as interligações entre raízes e folhas, por meio dos vasos condutores por onde circulam, em ambos os sentidos, as seivas bruta e elaborada. Em algumas espécies, funciona como armazenador de substâncias, como por exemplo na batata-inglesa e, quando clorofilado, realiza fotossíntese.



Morfologia externa

Externamente, o caule apresenta: nó, entrenós e gemas (apical e laterais).

A gema apical é responsável pelo crescimento em extensão, e as gemas laterais, pela formação de ramos, folhas e flores.

A diversidade de caules nos permite classificá-los em aéreos, aquáticos e suterrâneos.

Caules aéreos

- **Colmo:** apresenta nós e entrenós bem visíveis; possui gemas protegidas pela bainha das folhas. Pode ser cheio, como a cana-de-açúcar, ou vazio, como o bambu.

- **Estipe:** caule cilíndrico; não tem ramificações e só apresenta folhas no ápice, como os coqueiros.
- **Tronco:** resistente e lenhoso, apresenta ramificações características de plantas arbóreas; exemplo: ipê, abacate, sequoias, eucaliptos etc.
- **Haste:** fino e geralmente verde.

Os caules rastejantes, em alguns casos, podem enraizar-se a partir das gemas, formando novas ramas que recebem o nome de estolho ou estolão; exemplo: morangueiro.

Nos cactos, as folhas que realizam fotossíntese e transpiração atrofiam-se e transformam-se em espinhos. O caule verde passa a realizar fotossíntese, e a planta economiza água na transpiração.

Alguns caules, apesar de serem aéreos, não conseguem se sustentar: agarram-se a suportes por meio de estruturas denominadas gavinhas; exemplo: uva, chuchu. Outros desenvolvem-se rente ao chão; exemplo: aboboreira, morangueiros, melancieira etc.

Caules aquáticos

Caules aquáticos são aqueles que vivem permanentemente na água. Exemplo: vitória-régia.

Caules subterrâneos

Sofrem grandes modificações; podemos dividi-los em três tipos básicos: rizoma, tubérculo e bulbo.

- **Rizoma:** desenvolvem-se paralelamente à superfície do solo. Dele podem brotar folhas; exemplo: samambaias, bananeiras.
- **Tubérculo:** caules armazenadores de substâncias nutritivas. É possível observar nos tubérculos a presença de gemas vegetativas; exemplo: batata-inglesa, gengibre etc.
- **Bulbo:** é um conjunto de caule e folhas subterrâneos — a parte central e o prato, que é o caule verdadeiro; do prato partem as folhas denominadas catáfilos. Os catáfilos são folhas modifica-

das com função de proteção das gemas e de reservas nutritivas. Ex.: cebola e alho.

Morfologia interna

O crescimento do caule em extensão recebe o nome de crescimento primário e ocorre graças à atividade do meristema que forma a gema apical.

A gema apical vai se elevando à medida que novas células são produzidas e sofrem alongamento na sua base.

Estrutura primária

Externamente, o caule jovem é revestido pela epiderme e, internamente, por células do parênquima.

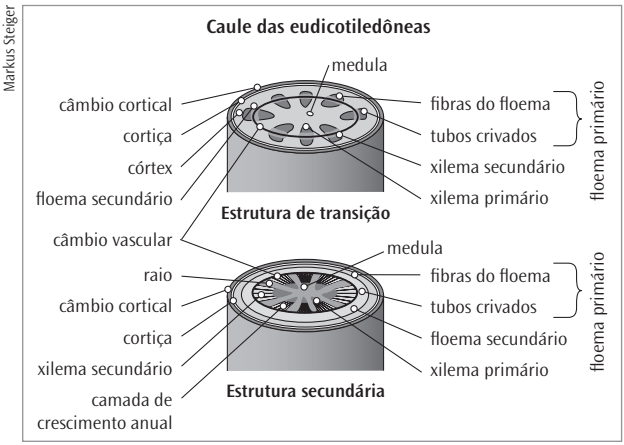
Nas monocotiledôneas, entre as células do parênquima, aparecem dispostos desordenadamente os feixes de vasos condutores de seiva. Nestes, os feixes mistos libero-lenhosos estão opostos um ao outro: o floema voltado para fora e o xilema voltado para dentro.

Normalmente, os vasos são envolvidos pelo tecido de sustentação — esclerênquima. A periderme é formada pelo conjunto de feloderme, felogênio e súber.

Estrutura secundária do caule das eudicotiledônias

O crescimento em espessura é decorrente do surgimento de novos tecidos, tanto do cilindro central como da casca.

Surgem entre o xilema e o floema, na altura do câmbio intrafascicular, células do parênquima medular, que sofrem desdiferenciação, originando o meristema secundário, denominado câmbio intrafascicular. Este promove a formação de vasos lenhosos para dentro do caule e vasos liberianos para fora. Com o crescimento em diâmetro, a epiderme (casca) começa a romper-se em alguns locais. Surge na casca outro meristema secundário, o felogênio. Este produzirá o súber (cortiça) constituído por células mortas, que substituirá a epiderme, e células parenquimatosas para dentro.



O caule, em sua estrutura, apresenta novo revestimento.

Cortando-se transversalmente o tronco de uma angiosperma, podemos observar zonas externas de tonalidade clara e zona interna de tonalidade mais escura. São os anéis de crescimento. Cada anel corresponde a um ano de vida. Quando, na primavera, existe um bom suprimento de água, o câmbio produz xilema ou lenho primaveril, com vasos de parede fina e grande cavidade interna.

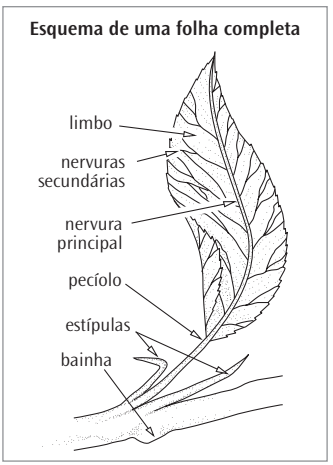
Na época de pouca água (verão ou outono secos), o câmbio produz lenho estrial, de calibre estreito e paredes grossas. No inverno, cessam praticamente as atividades do câmbio. O lenho primaveril e o estival formam anéis anuais, e pelo número de anéis pode-se calcular a idade da planta.

Folha

Órgão vegetativo de aspecto laminar, embriologicamente origina-se da gêmula, mas nasce também das gemas apicais do caule, denominadas primórdios foliares. É um órgão clorofilado, especializado na fotossíntese. Sua grande superfície, rica em cloroplastos e exposta à luz, facilita a absorção de energia solar e de

gás carbônico. A parte externa de uma folha completa apresenta as seguintes partes: limbo, pecíolo, bainha e estípulas.

Markus Steiger



As folhas podem apresentar modificações, que lhes permitem executar outras funções.

As brácteas são folhas modificadas que protegem a flor; geralmente coloridas, servem de atrativo a animais polinizadores; exemplo: copo-de-leite, antúrios.

Os espinhos do cacto são folhas modificadas que possuem função de defesa e evitam o excesso de transpiração. As gavinhas foliares da ervilha têm função de suporte.

Os catáfilos protegem o broto vegetal, podendo acumular substâncias nutritivas; exemplo: alho e cebola.

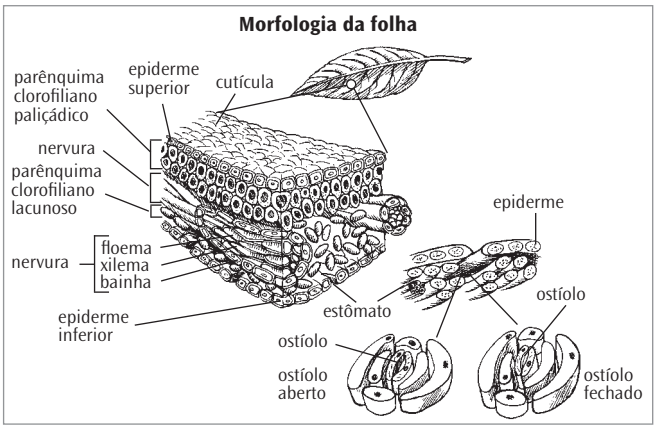
Plantas carnívoras possuem folhas especializados em capturar e digerir pequenos animais (insetos).

Morfologia

A epiderme superior do limbo apresenta uma cutícula protetora (tecido epidérmico ou cutinoso). A epiderme inferior é rica em estômatos, e a cutina protetora é bem mais fina.

Entre as epidermes superior e inferior aparece um tecido clorofiliano de células do parênquima paliçádico. Em seguida, outro tecido clorofiliano de células irregulares, com espaços intercelulares (parênquima lacunoso). Os tecidos clorofilianos (parênquima paliçádico e parênquima lacunoso) recebem o nome de **mesófilo**.

Fabiana Fernandes



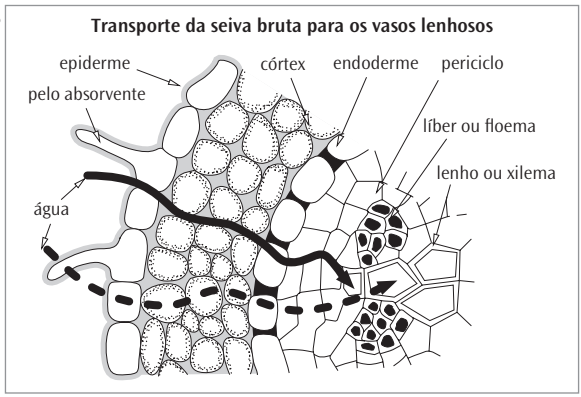
Na face inferior do limbo, existem nervuras salientes, onde estão os vasos lenhosos e liberianos.

Nos espaços do parênquima lacunosos, circulam os gases oxigênio e gás carbônico, que se comunicam com os estômatos.

Transporte de seiva bruta

A planta retira água do solo, principalmente pela região pilífera da raiz. Essa absorção pode ser passiva (a mais comum) ou ativa, dependendo das condições de umidade do solo. A absorção passiva é um processo osmótico, e a ativa resulta da pressão da raiz. Ambos os processos de absorção estão relacionados com a taxa de transpiração. Nesse caso, a absorção dos sais minerais ocorre normalmente por transporte ativo, à custa de gasto de energia.

Markus Steiger



A seiva bruta chega aos vasos lenhosos por meio de dois caminhos:

a) através dos espaços intercelulares, a seiva bruta atinge as células da endoderme, e daí o lenho. Esse trajeto é mais rápido, mas menos eficiente, pois não garante a seleção das substâncias.

b) a seiva bruta atravessa os espaços intercelulares do córtex. Atravessando o córtex, atinge a endoderme; as estrias de Caspary impedem a passagem da seiva bruta pelos espaços intercelulares. Obrigatoriamente, ela passa pelas células da endoderme, que fazem uma seleção, em quantidade e qualidade. As substâncias selecionadas são encaminhadas para a região mais central da raiz, onde estão os vasos lenhosos. A entrada da seiva bruta nos vasos lenhosos ocorre por bombeamento das células do parênquima, que ficam próximos a eles, com gasto de energia. A entrada de água junto com os sais gera uma pressão positiva da raiz, que empurra a seiva para cima.

A pressão da raiz não é suficiente para elevar a seiva bruta até o topo das árvores de porte maior. O principal fenômeno responsável pelo transporte da seiva bruta é a transpiração. As células das folhas perdem água e se tornam hipertônicas; com isso, a água sai dos

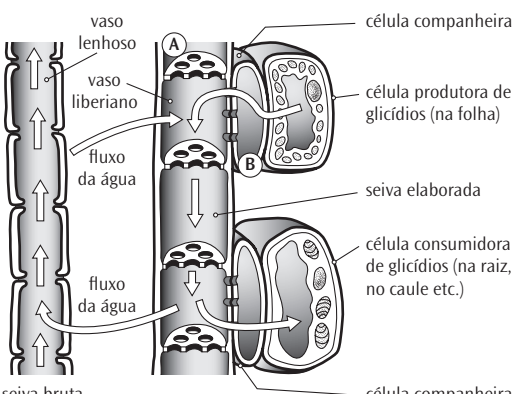
vasos lenhosos e entra nas células hipertônicas por osmose. Esta é a teoria da tensão-coesão conhecida como teoria de Dixon.

Transporte da seiva elaborada

A seiva elaborada é o produto final da fotossíntese, e seu transporte ocorre através dos vasos liberianos. A seiva elaborada é constituída por água e moléculas de sacarose (dissacarídio formado pela união de uma molécula de glicose e uma de frutose). A seiva é bombeada às células do tubo crivado do floema (pequenas nervuras das folhas) pelo parênquima clorofiliano. A presença da sacarose aumenta a pressão osmótica das células dos vasos, o que faz a água entrar por osmose. A entrada de água no floema aumenta a sua pressão e passa a transportar a seiva. Ao longo do percurso, a seiva é distribuída para as células vizinhas através dos inúmeros poros que existem nas paredes laterais dos tubos crivados que formam os vasos liberianos, de forma que todas as células da planta, das folhas e das raízes sejam alimentadas.

Markus Steiger

Sistema de transporte de seiva



(A) Elementos dos vasos liberianos. Aspecto geral dos tubos crivados e células companheiras.

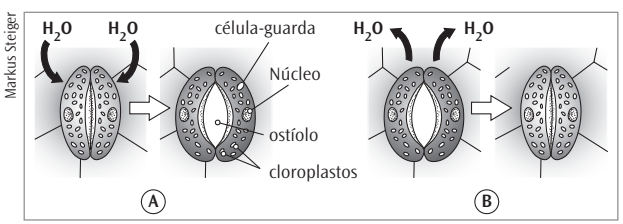
(B) Esquema mostrando a íntima relação entre os tubos crivados e as células companheiras.

O botânico alemão Ernst Munch, na tentativa de explicar como a seiva elaborada é conduzida, formulou a hipótese de Munch. Essa hipótese diz que os açúcares fabricados no processo da fotossíntese são encaminhados das folhas até as raízes por causa do desequilíbrio osmótico entre as células produtoras e consumidoras de açúcar.

Transpiração e equilíbrio hídrico

Transpiração é a perda de água para o meio ambiente na forma de vapor. Ocorre principalmente através de estômatos, células da epiderme.

Os estômatos apresentam um mecanismo de abertura e fechamento do ostíolo, que controla as trocas de gases e a saída do vapor de água; a abertura e o fechamento do ostíolo resultam das variações de turgência das células estomáticas. Com a turgência, as paredes das células se abaulam, abrindo o ostíolo; com a perda da turgência, a célula diminui seu volume e o ostíolo se fecha.



A entrada e a saída de água, que acarretam as mudanças de volume das células-guarda, determinam, respectivamente, a abertura (a) e o fechamento (b) do estômato.

A turgência depende da quantidade de luz incidente na folha (a folha pode receber gás carbônico para fotossíntese) e da disponibilidade de água no meio ambiente (com o solo seco e a umidade do ar baixa, os estômatos tendem a permanecer fechados, evitando a perda de água por transpiração).

Fotossíntese e respiração

Para realizar a fotossíntese, a planta precisa de água, gás carbônico e luz. A temperatura também influencia a fotossíntese. A

disponibilidade desses fatores ambientais torna-se um fator limitante da fotossíntese. Vamos analisar a influência do gás carbônico, da luz e da temperatura.

- **Gás carbônico**: A velocidade da fotossíntese está diretamente relacionada à concentração de gás carbônico na atmosfera. Quando a disponibilidade de CO_2 é baixa, a velocidade da fotossíntese diminui. À medida que aumenta o CO_2, aumenta a taxa de fotossíntese até certo ponto. Quando chega a esse ponto, diz-se então que a planta se encontra saturada de CO_2. Mesmo que aumente a concentração do gás, não afetará a velocidade do processo.
- **Temperatura**: Na fotossíntesse participam muitas enzimas, portanto, a influência da temperatura é alta. Assim, a velocidade da fotossíntese é máxima numa faixa térmica entre 30 °C e 40 °C. Em temperatura muito baixa, as atividades enzimáticas diminuem, diminuindo também a taxa de fotossíntese. Em temperaturas muito altas, acima de 40 °C, pode ocorrer desnaturação de enzimas, anulando a fotossíntese.
- **Luz**: A luz é a fonte de energia utilizada no processo da fotossíntese, participando ativamente da conversão do CO_2 em compostos orgânicos. Portanto, quando a disponibilidade de luz é pequena, a taxa da fotossíntese também é pequena. Aumentando a intensidade de luz, aumenta também a velocidade da fotossíntese.

Durante a noite, não ocorre fotossíntese – a planta realiza apenas a respiração.

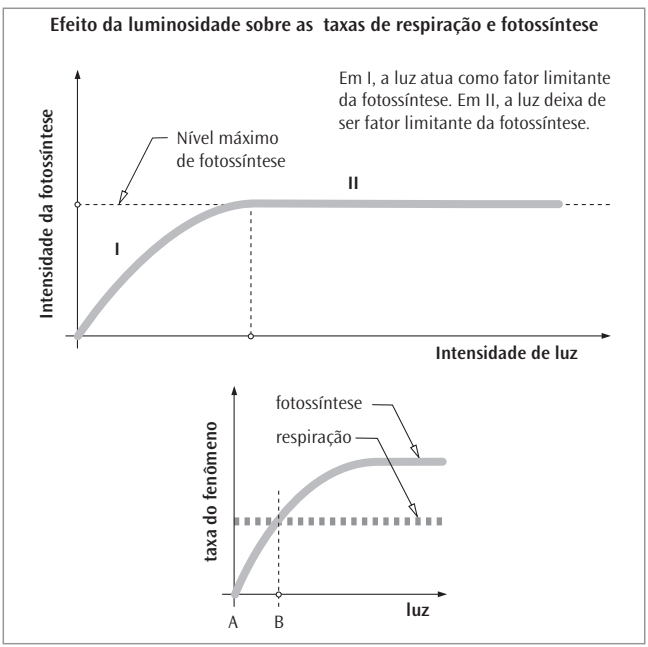
A fotossíntese inicia-se com o amanhecer e vai aumentando gradativamente, com o aumento da intensidade luminosa.

No transcorrer do dia, numa determinada luminosidade denominada ponto de compensação luminoso ou fótico, a intensidade da fotossíntese se iguala à da respiração. Isso significa que , nesse ponto, a planta consome a mesma quantidade de oxigênio produzido na fotossíntese. Nessas condições, tudo o que é produzido na fotossíntese (glicose e oxigênio) é consumido na respiração e vice-versa.

Para crescer e realizar suas funções, as plantas precisam realizar mais fotossíntese que respiração, por isso precisam receber intensidade luminosa acima do seu ponto de compensação fótico.

Veja, no gráfico a seguir, as variações na intensidade da fotossintese e a taxa de respiração ao longo do dia.

Markus Steiger



Ponto B: corresponde ao ponto de compensação, ou seja, fotossíntese = respiração.
Faixa AB: a planta encontra-se abaixo do ponto de compensação, isto é, fotossíntese < que respiração.
A partir do ponto B: a planta encontra-se acima do ponto de compensação: fotossíntese > respiração.

Hormônios vegetais

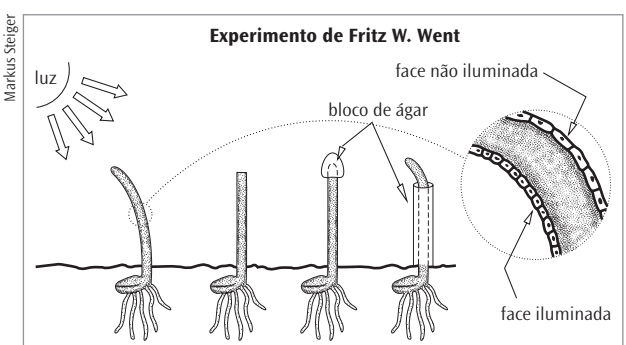
Os hormônios vegetais, ou fitormônios, são mensageiros químicos capazes de controlar o desenvolvimento, o crescimento, a diferenciação celular, a floração, o amadurecimento dos frutos e outros

fenômenos que ocorrem com as plantas. Os principais fitormônios são: auxinas, giberelinas, citocininas, ácido abscísico e etileno.

Auxinas

Foram os primeiros fitormônios a serem identificados e isolados por vários pesquisadores, por meio de várias experiências. Charles Darwin e seu filho Francis, em 1881, demonstraram que o coleóptile (haste verde que emerge da semente) de alpiste, quando iluminado lateralmente, curva-se em direção à luz. Se o ápice do coleóptile for coberto não responde mais à luz.

Em 1928, o botânico alemão Fritz W. Went cortou o ápice de vários coleóptiles de aveia, colocou suas bases sobre blocos de ágar (gelatina obtida de algas). Depois de algumas horas, colocou os cubos de ágar em posições variadas sobre os coleóptiles decapitados. Wert notou que eles se curvavam para o lado oposto ao do contato com os cubos. Ao interpretar os resultados, concluiu que o ápice produz uma substância que se difunde para as zonas mais baixas da planta, e também passou para o ágar, pois o mesmo estimula o crescimento.



Tal substância foi denominada "auxina" (do grego *auxin* = crescer). A auxina posteriormente foi identificada como ácido indolacético (AIA).

O AIA é produzido nas zonas meristemáticas da planta: no coleóptile, nos meristemas apicais de caules e raízes, nos embriões das sementes e nas folhas jovens. Desloca-se do ápice do caule até a ponta das raízes.

Após a fecundação, as sementes em desenvolvimento produzem auxinas, que determinam o crescimento do ovário. Quando aplicados a flores antes da fecundação, os ovários crescem e originam frutos sem sementes, denominados partenocárpicos.

Dependendo da concentração de AIA, tanto pode inibir como estimular o crescimento de raízes, caules e gemas.

Outro fenômeno relacionado à diferença de sensibilidade das diversas regiões das plantas ao AIA é a dominância apical. A gema apical produz AIA, que passa a inibir as gemas laterais mais distantes. Se a gema apical for removida, a concentração de auxinas cai, e as gemas laterais desenvolvem-se.

Giberelinas

Outro grupo de fitormônios. Esta denominação deve-se ao fato de elas serem encontradas no fungo *Gibberella fungikuorai*, que ataca e provoca doença no arroz. Por abranger inúmeras substâncias, são genericamente denominadas de ácidos giberélicos.

A giberelinas tem a ação de estimular a distensão celular; promover o desenvolvimento do fruto, inclusive a paternocarpia; estimular a floração em muitas plantas; quebrar a dormência de gemas e da semente.

Citocininas

Citocininas são fitormônios que estimulam a divisão celular.

O principal local de produção desses hormônios é a gema apical da raiz, e o transporte, como nos demais hormônios, é feito pelo xilema.

As citocininas são também conhecidos como hormônios anti-envelhecimento de folhas, permitindo que elas fiquem verdes por muito tempo. Atuam em menor proporção na floração, na quebra da dormência de semente e no crescimento do fruto.

Ácido abscísico

O ácido abscísico fitormônio, cuja principal ação é inibir os efeitos de outros hormônios, principalmente das auxinas e giberelinas. Acumulando-se em grande quantidade na base do ovário, provoca o envelhecimento e a quebra de folhas, flores e frutos e a dormência de algumas sementes.

Etileno

O etileno é um fitormônio gasoso, produzido pelas plantas e também liberado por meio da queima de diversos produtos, como serragem e derivados de petróleo (gasolina, querosene etc.).

O etileno acelera o amadurecimento dos frutos e a queda (abscisão) das folhas. Frutos maduros ou podres liberam grande quantidade de etileno. É utilizado em estufas para amadurecer as frutas ali colocadas. Quando embrulhamos bananas em jornal, o papel retém o etileno liberado pelas bananas, o que acelera o seu amadurecimento.

Crescimento e movimento das plantas

Tropismos são movimentos orientados, não acompanhados por deslocamento. São classificados de acordo com a natureza do estímulo em fototropismo, geotropismo e tigmotropismo.

- **Fototropismo** são movimentos orientados pela luz.
  - *fototropismo positivo:* os caules crescem e se inclinam no sentido da luz.
  - *fotopropismo negativo:* a raiz cresce se afastando da luz.

O fototropismo positivo ou negativo é decorrência da distribuição desigual de auxinas. Quando ilumina o caule unilateralmente, na face iluminada ocorre destruição das auxinas pela luz, o que inibe o seu crescimento. Com isso o lado não iluminado, com maior concentração de auxinas, cresce mais, determinando a curvatura em direção à luz.

- **Geotropismo** é um tropismo estimulado pela ação da gravidade.
  - *geotropismo positivo:* as raízes crescem em direção ao centro da Terra.

- *geotropismo negativo:* o caule cresce em sentido oposto ao da raiz.

A tendência ao crescimento vertical, tanto do caule como da raiz, deve-se à distribuição desigual de auxinas pelo corpo da planta: a face inferior tem maior concentração de hormônio que a superior, e ela apresenta crescimento desigual. Como o caule e a raiz possuem sensibilidades diferentes em relação ao hormônio, o caule curva-se para cima e a raiz para baixo.

- **Tigmotropismo** é um tropismo provocado pelo contato do caule em um suporte qualquer. Exemplo: as gavinhas de plantas como o chuchu, a videira, o maracujazeiro, em contato com um suporte, enrolam-se a ele. Admite-se que a face em contato com o suporte cresça menos que a oposta, provocando crescimento desigual.
- **Fotoperiodismo**

As plantas são sensíveis às variações do comprimento do dia e da noite, o que influi no seu desenvolvimento e floração. O fitocromo, pigmento encontrado em vários órgãos das plantas, é ativado pela luz e envolve fenômenos que ocorrem com a maioria das plantas, tais como: floração, queda das folhas, entre outros.

De acordo com o fotoperiodismo, as plantas são classificadas em:

- **Plantas de dias longos (PDL)**: florescem normalmente no verão. São as que necessitam de um período igual ou superior a 12 horas de luz para florir. São exemplos: o espinafre, a alface, o trigo, a quaresmeira etc.
- **Plantas de dias curtos (PDC)**: florescem normalmente no inverno. São plantas que florescem quando expostas a período de luz inferior ao valor crítico, que pode variar de acordo com a espécie. Por exemplo: se o período crítico de uma PDC for de 11 horas, isto significa que ela só irá florir em dias com 11 horas ou menos de 11 horas de luz; exemplos: o morangueiro, a azaleia, os crisântemos, a dália etc.
- **Plantas neutras (PN)**: são plantas que florescem independente das horas de luz que o dia possua; exemplo: tomateiro, feijoeiro etc.

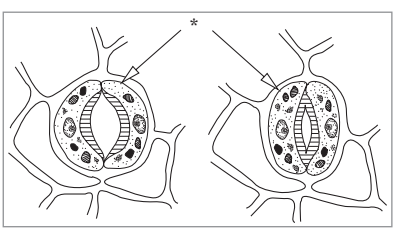
1. (UFU-MG) Em relação aos tipos de raízes abaixo esquematizadas, podemos afirmar que:

1. a raiz é usada para aumentar a área de apoio da planta.
2. a planta de raiz **II** pode ser milho, arroz ou trigo.
3. a raiz **III** é denominada raiz sugadora.
4. a planta de raiz **IV** vive em região pouco arejada.

Assinale:

a) Se somente forem corretas as afirmativas 1, 2 e 3.
b) Se somente forem corretas as afirmativas 1 e 3.
c) Se somente forem corretas as afirmativas 1, 2 e 4.
d) Se somente for correta a afirmativa 4.
e) Se todas as afirmativas forem corretas.

2. (Cesgranrio-RJ) O esquema representa, em duas situações diferentes, uma estrutura que promove a entrada de ar no interior da planta.



Assinale a alternativa que indica, respectivamente, o nome da célula destacada pelo asterisco e um local onde tal estrutura pode ser encontrada em abundância na planta:

a) lenticela / folhas
b) pneumatófoto / caules jovens

c) célula estomática / esclerênquima
d) célula oclusiva / esclerênquima
e) célula-guarda / folhas

3. **(PUC-SP) Uma célula epidérmica de raiz normalmente absorve do solo quando:**
a) sua solução interna é mais concentrada que a do solo.
b) a solução do solo é mais concentrada que sua solução interna.
c) sua solução interna está em isotonia com a solução do solo.
d) está flácida e, portanto, em condições de apresentar plasmólise.
e) está túrgida e, portanto, em condições de apresentar deplasmólise.

4. **(Fuvest-SP) A respeito de adaptações dos vegetais a regiões quentes e secas, são feitas as seguintes observações:**
I. **Diversas plantas adaptadas a essas condições têm estômatos protegidos no interior de criptas, o que reduz a perda da água por evaporação.**
II. **Um corte de folha xerófila pode exibir epiderme estratificada na face superior e estômatos no interior de criptas na face inferior.**
III. **Em diversas plantas, a perda das folhas durante estações secas reduz a superfície de transpiração e diminui, significativamente, a necessidade de absorção de água pelas raízes.**
São corretas as observações:
a) I apenas
b) I e II apenas
c) I e III apenas
d) II e III apenas
e) Todas.

5. **(Fuvest-SP) A maior parte da massa de matéria orgânica de uma árvore provém de:**
a) água do solo.
b) gás carbônico do ar.
c) gás oxigênio do ar.
d) compostos nitrogenados do solo.
e) sais minerais do solo.

6. **(Fuvest-SP) Assinale a alternativa correta:**
a) Na citocinese de células vegetais, a lamela média forma-se de dentro para fora.
b) Fragmoplasto é a origem dos plasmodesmos contínuos nas células animais.

c) Os tilacoides são as unidades morfológicas dos cloroplastos e no seu interior a xantofila é armazenada.

d) Na síntese de proteínas, o RNA ribossômico traz os aminoácidos até os códons do RNA mensageiro.

e) Os centrômeros são os sítios iniciadores da síntese proteica.

7. **(Fuvest-SP) Os adubos inorgânicos industrializados, conhecidos pela sigla NPK, contêm sais de três elementos químicos: nitrogênio, fósforo e potássio. Qual das alternativas indica as principais razões pelas quais esses elementos são indispensáveis à vida de uma planta?**

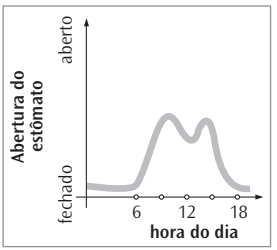
a)	**Nitrogênio** É constituinte de ácidos nucleicos e proteínas.	**Fósforo** É constituinte de ácidos nucleicos e proteínas.	**Potássio** É constituinte de ácidos nucleicos, glicídios e proteínas.
b)	**Nitrogênio** Atua no equilíbrio osmótico e na permeabilidade celular.	**Fósforo** É constituinte de ácidos nucleicos.	**Potássio** Atua no equilíbrio osmótico e na permeabilidade celular.
c)	**Nitrogênio** É constituinte de ácidos nucleicos e proteínas.	**Fósforo** É constituinte de ácidos nucleicos.	**Potássio** Atua no equilíbrio osmótico e na permeabilidade celular.
d)	**Nitrogênio** É constituinte de ácidos nucleicos e proteínas.	**Fósforo** Atua no equilíbrio osmótico e na permeabilidade celular.	**Potássio** É constituinte de proteínas.
e)	**Nitrogênio** É constituinte de glicídios.	**Fósforo** É constituinte de ácidos nucleicos e proteínas.	**Potássio** Atua no equilíbrio osmótico e na permeabilidade celular.

8. **(Fuvest-SP) A hipótese de que os cloroplastos e as mitocôndrias tenham surgido através de uma associação simbiótica de um eucarioto primitivo**

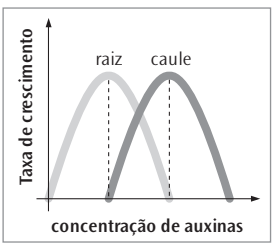
com, respectivamente, bactérias fotossintetizantes e bactérias aeróbicas, é reforçada pelo fato daquelas organelas celulares:

a) serem estruturas equivalentes, com grande superfície interna.
b) apresentarem DNA próprio.
c) estarem envolvidas, respectivamente, na produção e consumo de oxigênio.
d) apresentarem tilacoides e cristas, como as bactérias.
e) serem encontradas tanto em organismos superiores como inferiores.

9. (UFRJ) O gráfico ao lado mostra o grau de abertura dos estômatos das folhas de uma planta ao longo do dia. Com base no gráfico, podemos dizer que a intensidade da fotossíntese é maior na hora mais iluminada do dia? Justifique sua resposta.



10. (FCC-SP) Medindo-se as velocidades de crescimento – em função da concentração de auxinas – de um caule e de uma raiz que mostram, respectivamente, fototropismo positivo e negativo, construiu-se o gráfico ao lado:



O que os dados fornecidos pelo gráfico permitem concluir sobre a atuação das auxinas no crescimento da raiz e do caule?

11. (Vunesp-SP) A remoção de um anel completo de casca de uma árvore (anel de Malpighi) pode provocar sua morte.

a) Que tecido é removido dessa experiência?
b) Qual a função desse tecido?

12. (Fuvest-SP) Como se explica a condução da seiva bruta?

Descomplicando a Biologia

(Fuvest-SP) Quando as células clorofiladas de uma planta estão no escuro, o CO_2 que nelas se acumula torna ácido seu meio interno. Em meio ácido, a enzima fosforilase favorece a transformação de glicose, solúvel, em amido, menos solúvel. Em meio alcalino, a fosforilase favorece a conversão de amido em glicose. Se colocarmos essas células em ambiente bem iluminado, o valor de sua pressão osmótica (sucção interna):

a) aumenta.
b) diminui.
c) não se altera.
d) torna-se negativo.
e) torna-se zero.

Resolução e comentários

Ao colocarmos essas células em ambiente iluminado a taxa de fotossíntese supera em muito a da respiração, consumindo o CO_2 do interior da célula, tornando ácido o meio intracelular. Em pH ácido, o amido será convertido em glicose, tornando o meio intracelular hipertônico. Com isso haverá o aumento da pressão osmótica ou pressão de sucção interna.

Nesse sentido, a alternativa correta é **a**.

13 Reino Animalia ou Metazoa – os animais

Zoologia (*zoo* = animal, *logos* = estudo) é o ramo da Biologia que estuda todos os seres vivos pertencentes ao reino Animalia ou Metazoa, suas características em comum, sua diversidade e seus modos de vida.

São eucariontes, pluricelulares, heterotróficos e possuem tecidos corporais bem definidos. Os filos mais expressivos em número de espécies são:

- **Poríferos**: esponjas
- **Cnidários**: hidras, medusas, corais, anêmonas-do-mar
- **Platelmintos**: planária, tênias, esquistossomos
- **Nematelmintos**: lombrigas, oxiúros
- **Anelídeos**: minhocas, sanguessugas
- **Artrópodes**: insetos, camarões, aranhas
- **Moluscos**: caramujos, ostras, lesmas, polvos, mexilhões
- **Equinodermos**: estrela-do-mar, ouriços-do-mar
- **Cordados**: anfioxo, peixes, anfíbios, répteis, aves e mamíferos

Poríferos

Conhecidos como esponjas, são encontrados em todos os mares, mais raramente na água doce.

Há esponjas alaranjadas, vermelhas, pardas, azuis...

Algumas formam placas delicadas, outras têm forma de cálice, de galhos etc. O tamanho varia entre 1 mm a 2 m.

Os poríferos, embora dotados de tecidos, não apresentam órgãos bem definidos e por isso são destituídos de sistemas. Vivem fixos às rochas.

Apresentam uma parede corpórea dotada de poros, por onde a água penetra até alcançar uma cavidade central, o átrio ou espongiocele. Após a filtração, a água é expelida para o meio externo através de um orifício oposto à base: o ósculo.

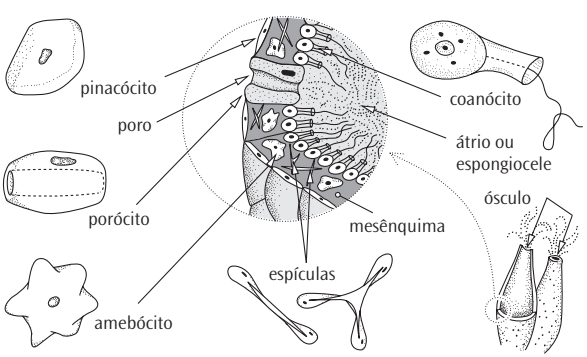
Internamente, a parede do corpo é revestida pelos coanócitos, células flageladas dotadas de um "colarinho". Elas promovem a filtração da água, capturando micro-organismos e partículas alimentares nela presentes. Devido ao flagelo dos coanócitos, os seus movimentos contínuos provocam a circulação constante de água no corpo da esponja.

Externamente, a parede corpórea é revestida por células epidérmicas achatadas, chamadas pinacócitos. Às vezes, elas se diferenciam em porócitos, células que formam os poros.

A região intermediária entre a camada de pinacócitos e a de coanócitos é preenchida pelo meso-hilo, estrutura gelatinosa que contém inúmeras células livres (amebócitos), uma rede de proteínas denominadas esponginas, e espículas de carbonato de cálcio ou sílica, que se prestam à sustentação das partes moles. Os amebócitos contribuem na distribuição dos alimentos.

Markus Steiger

Esquema de um porífero e suas principais células



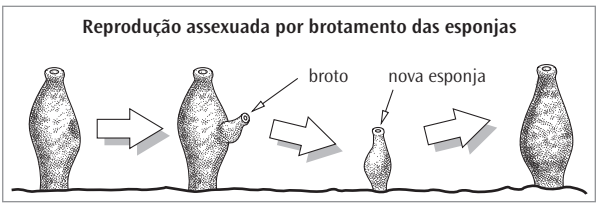
Reprodução dos poríferos

Brotamento: formam-se expansões no corpo da esponja-mãe, que se separa do organismo original, constituindo novos indivíduos.

Regeneração: outro tipo de multiplicação das esponjas está na regeneração. Fragmentos de esponjas podem com facilidade formar novas esponjas.

Reprodução sexuada: na camada gelatinosa há células que constituem os gametas masculinos e femininos, esparsas no meso-hilos. As esponjas são monoicas ou dioicas.

Markus Steiger



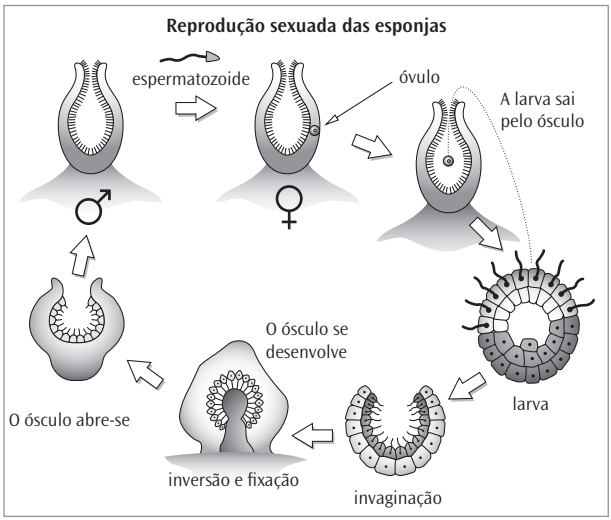
O gameta masculino deixa a camada gelatinosa, passa para o átrio da esponja e é levado pela água ao mundo exterior. Nada livremente até entrar pelos poros de outra esponja, na qual penetra em um coanócito situado exatamente na base de um ovócito ou célula feminina.

Enquanto o coanócito perde o flagelo e o colarinho, o espermatozoide na interior dele perde a cauda.

Então, o coanócito, já transformado em célula comum, se aproxima do ovócito, pressiona-o e injeta-lhe o espermatozoide sem cauda.

O zigoto se desenvolve formando uma larva que deixa a esponja, auxiliada por numerosos flagelos que possui: é a anfiblástula. Ela nada no meio ambiente até fixar-se num suporte e se desenvolver em um indivíduo adulto.

Markus Steiger



Cnidários

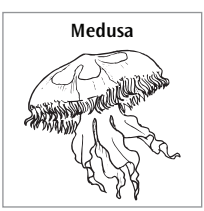
Também conhecidos por celenterados, os cnidários são os primeiros animais com tecidos completamente diferenciados.

São encontrados neste filo: hidras, medusas, corais, anêmonas-do-mar.

Alguns são fixos (anêmonas e corais), e outros, livre-natantes (medusa). A maioria vive no mar. Os corais são encontrados em colônias.

Glória Costa

Glória Costa



Os integrantes desse grupo são todos predadores, alimentando-se de crustáceos, peixes, larvas etc.

Tipos básicos de cnidários

De acordo com a estrutura, encontramos duas formas distintas:

- **Pólipos**: como as anêmonas-do-mar. Seu corpo apresenta duas extremidades: uma é fechada e fixa ao substrato; a outra contém a boca, geralmente circundada por um emaranhado de tentáculos.
- **Medusas**: como as águas-vivas. Apresentam o corpo em forma de guarda-chuva; a boca localiza-se na região central da superfície côncava, e os tentáculos pendem das bordas. São móveis, de corpo gelatinoso.

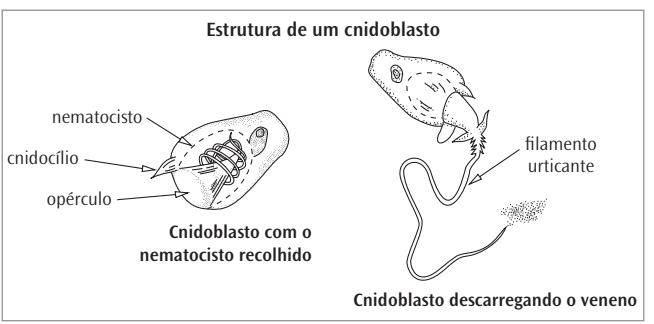
Classes dos cnidários

Este filo compreende três classes:

- *Hydrozoa:* com pólipos predominantes (Hydra, Obelia, Physalia);
- *Scyphozoa:* medusas predominantes (Aurelia, Tamoya);
- *Anthozoa:* exclusivamente polipoides (Actinia, Corais).

Uma característica marcante desse grupo é a presença de cnidoblastos. Trata-se de células modificadas, que promovem a defesa do animal e realizam a captura de alimentos.

Markus Steiger



O cnidoblasto é dotado de uma cápsula — o nematocisto — que abriga em seu interior um tubo filamentoso enovelado, portador de um líquido urticante. Contém ainda um cílio sensorial que funciona como "gatilho". Ao ser estimulado, o nematocisto "dispara" o filamento urticante, liberando o veneno no corpo da vítima, causando-lhe queimaduras, paralisia ou, em caso de animais menores, a morte.

Reprodução dos cnidários

No pólipo, a reprodução se faz por cissiparidade longitudinal, como em anêmonas, ou por brotamento, como nas hidras.

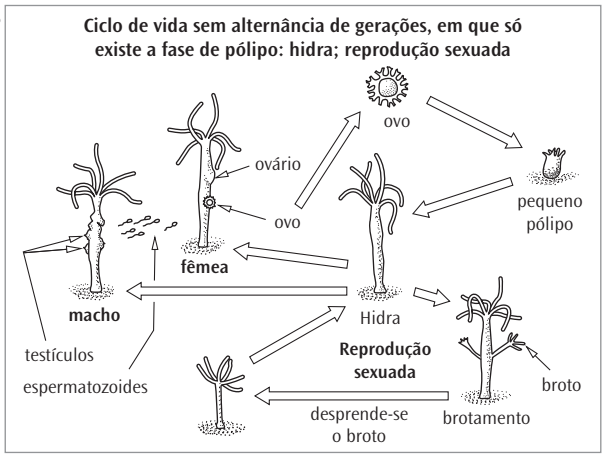
Neste último caso, surge um broto aproximadamente na metade da altura do corpo do indivíduo. Esse broto cresce e se desprende, formando um novo ser. Os pólipos da classe cifozoários sofrem estrobilização, que consiste na separação de muitos pequenos discos transversais que se destacam, diferenciando-se em medusas.

Nos cnidários, ocorre também reprodução sexuada, e os animais podem ter sexos separados ou serem hermafroditas. O desenvolvimento pode ser direto, sem fase de larva, como nas hidras, ou indireto com larva ciliada — a plânula. Em muitos ocorre alternância de gerações, em que a fase sexuada é representada pela forma medusoide, e a assexuada, pela forma polipoide. A fase dominante pode variar dependendo da espécie.

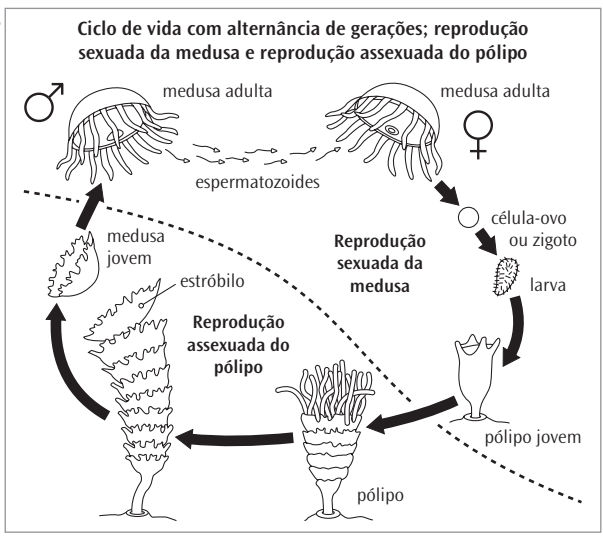
Platelmintos

Os platelmintos podem ter vida livre, sendo encontrados na água doce e salgada ou em terra úmida. Muitos são parasitas, causando doenças ao seres humanos e a outros animais.

Markus Steiger



Markus Steiger

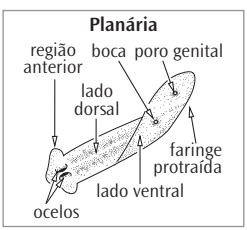


Entre as espécies de vida livre encontra-se a planária, que vive em rios, lagoas, fontes e locais úmidos. Entre as formas parasitas destacam-se o esquistossomo e a solitária.

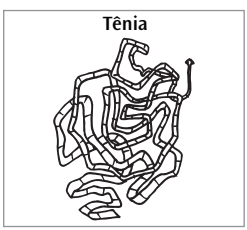
Classes dos platelmintos

- *Turbellaria:* indivíduos de vida livre; corpo simples com epiderme ciliada; sistema digestivo incompleto. Exemplo: planária.
- *Trematoda:* indivíduos parasitas; corpo simples; epiderme com cutícula protetora; sistema digestivo incompleto. Exemplo: *Schistosoma mansoni*.
- *Cestoidea:* parasitas; corpo metamerizado; epiderme com cutícula protetora; sistema digestivo ausente. Exemplo: tênias.

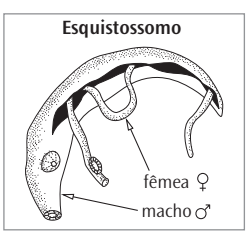
Markus Steiger



Glória Costa



Markus Steiger



Os platelmintos têm o corpo achatado no sentido dorso-ventral.

As planárias medem aproximadamente 2 cm. Na cabeça, existem olhos que percebem apenas variações de luz do ambiente. A boca está localizada ventralmente, no meio do corpo. Pela boca sai um tubo — a faringe —, que serve para capturar os alimentos. As planárias sexualmente adultas possuem um poro genital próximo

à boca. O esquistossomo macho mede aproximadamente 10 mm de comprimento e tem uma cutícula com pequenos espinhos; a fêmea é um pouco maior e mais fina e tem cutícula lisa.

A *Taenia solium* tem forma achatada, assemelhando-se a uma fita, e medindo de 3 m a 9 m de comprimento. As tênias possuem cabeça em forma de botão — o escólex —, seguida por grande número de segmentos — as proglotes. No escólex, há estruturas de fixação — as ventosas — e, às vezes, ganchos.

Como se percebe, os platelmintos parasitas apresentam adaptações especiais a esse tipo de vida. Para garantir a fixação nos hospedeiros, eles têm ganchos de quitina e ventosas. Essas são estruturas musculares de sucção com forma circular, localizadas preferencialmente na cabeça ou na região ventral do corpo. Esses animais têm ainda uma cutícula protetora sobre a epiderme.

Reprodução dos platelmintos

São seres dotados de grande capacidade regenerativa, sendo possível obter indivíduos complexos ao cortar-se transversalmente um platelminto em dois ou mais pedaços.

Os platelmintos são geralmente hermafroditas e possuem um sistema reprodutor complexo.

A fecundação é normalmente cruzada: há cópula.

O desenvolvimento é direto, sem larvas, nas espécies de vida livre, e indireto, com larvas, nos parasitas.

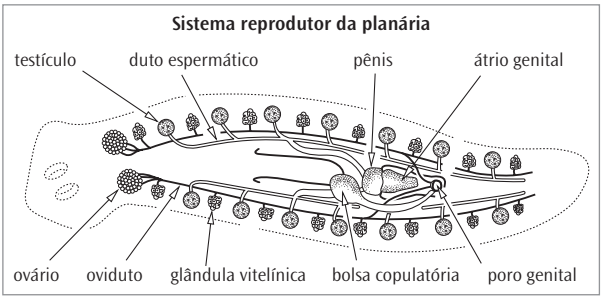
No *Schistossoma*, macho e fêmea são morfologicamente diferentes. O macho exibe um canal longitudinal ginecófaro, que aloja a fêmea por ocasião da cópula.

As larvas do esquistossomo são livres, ciliadas e correspondem a formas infestantes, podendo penetrar na pele de hospedeiros como o caramujo e o ser humano.

As tênias são hermafroditas e assim podem autofencundar-se, originando a formação de anéis ou proglotes grávidos, que con-

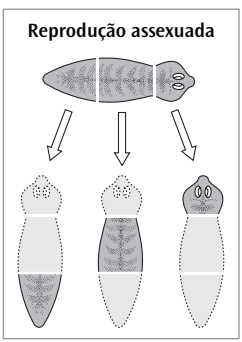
têm os ovos fecundados. Cada ovo contém um embrião que se desenvolverá em larva.

Markus Steiger



O sistema reprodutor da planária inclui tanto os órgãos femininos como os masculinos.

Markus Steiger



Markus Steiger

Platelmintos parasitas dos seres humanos

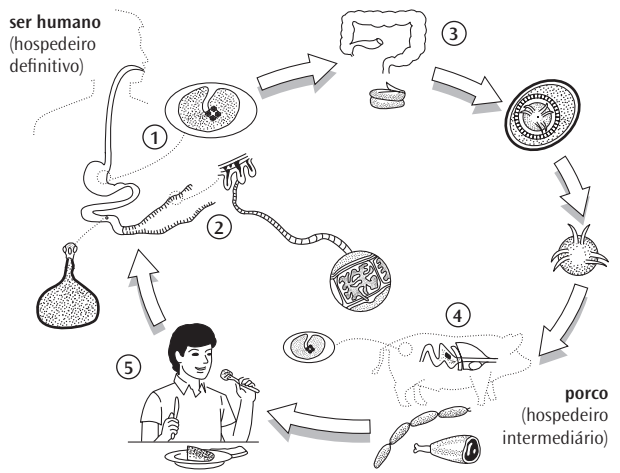
1. Teníase

Taenia solium e *Taenia saginata*, vermes conhecidos como solitárias, são responsáveis pela doença teníase.

O ser humano é o hospedeiro definitivo do verme, e os hospedeiros intermediários são: o boi, da *Taenia saginata*, e o porco, da *Taenia solium*.

Markus Steiger

Ciclo da teníase



(1) A fixação da tênia no intestino ocorre pelo escólex.

(2) Proglotes maduros, contendo testículos e ovários, reproduzem-se entre si e originam proglotes grávidos, cheios de ovos.

(3) Proglotes grávidos desprendem-se unidos em grupos de 2 a 6 e são liberados durante ou após as evacuações. No solo, rompem-se e liberam ovos. Cada ovo é esférico, mede cerca de 30 µm de diâmetro, possui 6 pequenos ganchos e é conhecido como **oncosfera**. Levados pelo vento, espalham-se pelo meio e podem ser ingeridos pelo hospedeiro intermediário.

(4) No intestino do animal, os ovos penetram no revestimento intestinal e caem no sangue. Atingem principalmente a musculatura sublingual, diafragma, cérebro e coração. Cada ovo se transforma em uma larva, chamada cisticerco, cujo tamanho lembra o de um pequeno grão de milho. Essa larva contém escólex e um curto pescoço invertido, tudo envolto por uma vesícula protetora, formando um **cisto**.

(5) Ao se alimentar de carnes cruas ou malpassadas, o ser humano pode ingerir cisticercos. No intestino, a larva se liberta, fixa o escólex, cresce e origina a tênia.

Ovos de tênias podem ser ingeridos pela água, por alimentos contaminados. A autoinfestação ocorre quando proglotes grávidos rompem-se ainda no intestino, liberando os ovos, que podem atravessar as paredes do intestino e ganhar a corrente sanguínea.

Nessa situação, o ser humano torna-se o hospedeiro intermediário dos cisticercos, que através da corrente sanguínea podem ser levados para as mais diversas localidades do corpo, inclusive o cérebro, onde podem entupir vasos sanguíneos de calibre muito fino, provocando convulsões, distúrbios psíquicos, paralisias e outros males. A cisticercose ocorre normalmente com ovos da *Taenia solium*.

Medidas profiláticas

- Lavar as mãos antes de tocar nos alimentos e após evacuação.
- Não levar as mãos sujas à boca.
- Cozinhar bem os alimentos, não ingerir carnes cruas ou malcozidas.
- Utilizar privadas ligadas à rede de esgoto ou fossas adequadas.
- Controle das carnes que são vendidas em açougues ou matadouros.

2. Esquistossomose

O verme *Schistosoma mansoni* causa no ser humano a esquistossomose ou barriga d'água. Esse verme trematódeo parasita as veias do intestino, afetando o fígado e as vias urinárias. O ser humano é o hospedeiro definitivo do *Schistosoma mansoni*, pois é no seu organismo que ocorre a reprodução sexuada, com a formação de ovos. O hospedeiro intermediário é o caramujo do gênero *Biomphalaria*.

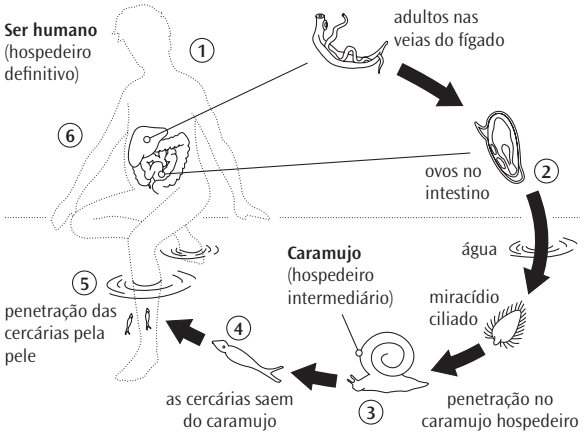
Medidas profiláticas

- Eliminação do caramujo transmissor.
- Construção de fossas e rede de esgotos (saneamento básico).

- Não nadar ou lavar roupas em lagoas, açudes, represas, rios contaminados.
- Tratamento das pessoas doentes.

Markus Steiger

Ciclo da esquistossomose ou barriga d'água



(1) Infectado, o ser humano elimina ovos com as fezes.

(2) Os ovos, ao atingir a água, desenvolvem-se em larvas ciliadas, denominadas miracídios.

(3) O miracídio penetra em seu hospedeiro intermediário, o caramujo do grupo dos planorbídeos. No corpo do caramujo, os miracídios se reproduzem assexuadamente, desenvolvendo a larva cercária. Um único miracídio pode originar cerca de 3.000 cercárias.

(4) As cercárias abandonam o caramujo e nadam livremente.

(5) Se uma pessoa estiver andando ou nadando na água, a cercária penetra pela pele, provocando coceira no local.

(6) No corpo humano, as cercárias atingem as veias do mesentério do intestino, transformando-se em vermes adultos, que copulam, reiniciando o ciclo.

3. Fasciola hepática

É um parasita dos canais biliares de carneiros, bovinos, caprinos e outros animais silvestres que vivem em regiões úmidas, alagadas ou sujeitas a inundações.

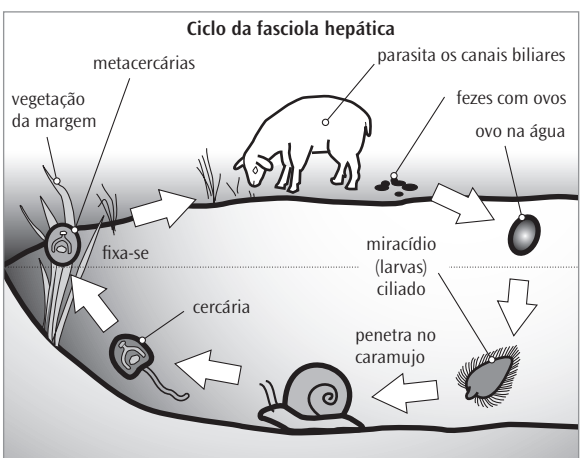
Ocasionalmente pode parasitar o ser humano. É um trematódo, cujos ovos são eliminados nas fezes. Caindo na água, os ovos desenvolvem-se em larvas — os miracídios —, que nadam à procura de um caramujo da espécie *Lymnea viatrix*. No interior do caramujo, o miracídio se transforma em outra fase larval — a cercária —, que normalmente fica aderida às vegetações próximas da água.

Os animais podem infectar-se pela ingestão de água ou vegetais existentes às margens de lagos, represas e rios contaminados.

Medidas profiláticas

- Combate ao caramujo.
- Saneamento básico (construção de fossas e rede de esgotos).
- Não nadar ou lavar roupas em águas contaminadas.
- Tomar água filtrada ou fervida.
- Tratamento de pessoas doentes.

Markus Steiger



Nematelmintos

Os nematelmintos podem ter vida livre ou ser parasitas. Os de vida livre podem ser encontrados na água, no solo, no barro, na areia das praias, no fundo de lagos e rios, nos picos de montanhas

e até em mares polares. As espécies parasitas vivem no organismos de outros seres. Nos humanos, vivem no intestino. No cavalo, habitam o intestino e o estômago. No carneiro, instalam-se nas vias respiratórias, no estômago e ainda no intestino. Nas plantas, existem parasitas de raízes, folhas, frutos e de outras partes do organismo vegetal, que prejudicam seu desenvolvimento.

O representante mais conhecido é a lombriga (*Ascaris lumbricoides*), mas há ainda outros representantes, dentre os quais destacamos os vermes parasitas: *Ancylostoma duodenalis, Necator americanus, Oxyurus vermicularis, Wuchereria bancrofti.*

Os nematelmintos são vermes dotados de corpo cilíndrico e alongado, não segmentado e afilado nas extremidades. Apresentam uma simetria bilateral. Seu tamanho varia bastante; algumas espécies são microscópicas; outras chegam a mais de 1 m de comprimento.

Entre os nematoides que podem parasitar os seres humanos, destacam-se:

- *Ascaris lumbricoides*: as fêmeas adultas, com cerca de 25 cm de comprimento, são maiores que os machos, com cerca de 15 cm. É o causador da doença ascaridíase. A fêmea possui as extremidades do corpo afiladas; no macho, a extremidade posterior do corpo é recurvada e nela se observam duas formações pontiagudas — as espículas copuladoras.
- *Ancylostoma duodenalis*: tem cerca de 1 cm de comprimento e é o causador da doença "amarelão".
- *Necator americanus*: mede cerca de 15 mm de comprimento e causa também o "amarelão".
- *Oxyurus vermicularis*: mede aproximadamente 0,5 cm de comprimento e é o verme responsável pela oxiurose.
- *Wuchereria bancrofti*: com cerca de 7 cm de comprimento, é o causador da filariose ou elefantíase.

Reprodução dos nematelmintos

É comum o dimorfismo sexual, isto é, machos e fêmeas apresentam formas diferentes.

A reprodução é sempre sexuada. A fecundação é interna e o desenvolvimento pode ser direto (sem larva) ou indireto (com fase larvária). Os ovos da fêmea são muito resistentes às condições ambientais.

Nas espécies parasitas, há vários tipos de larvas desprovidas de cílios. Em *Ascaris*, uma única fêmea fecundada pode efetuar a postura de 200 mil ovos por dia, durante algumas semanas.

Nos nematódeos — parasitas intestinais —, os ovos são eliminados com as fezes dos hospedeiros e contaminam o ambiente.

1. Ancilostomíase

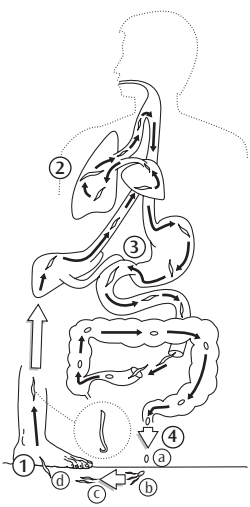
Contágio: Penetração de larvas infestantes através da pele (pés e mãos).

Medidas profiláticas

Uso de calçados; emprego de medidas sanitárias que impeçam a deposição de matéria fecal no solo (construção de fossas e rede de esgoto); tratamento em massa das coletividades infestadas.

Markus Steiger

Ciclo da ancilostomíase



1. Penetração da pele por larvas infestantes.
2. Migração para os pulmões e deglutição.
3. Localização no intestino delgado.
4. Eliminação de ovos não infestantes (a); eclosão, com libertação de larvas rabditoides (b); larvas filarioides (c): larvas filarioides infestantes (d).

2. Ascaridíase

Doença causada pelo *Ascaris lumbricoides*, mais conhecido como lombriga.

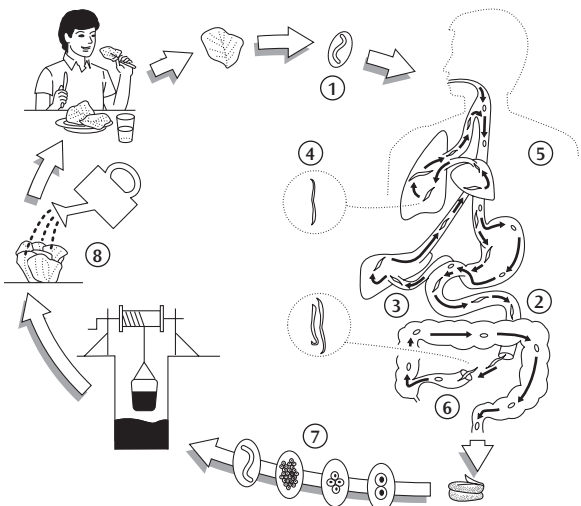
Contágio: Ingestão de água e vegetais contaminados.

Medidas profiláticas

Lavar cuidadosamente os frutos e verduras; ingerir água fervida ou filtrada; cozinhar bem os alimentos; saneamento básico (construção de fossas e rede de esgotos).

Markus Steiger

Ciclo da ascaridíase



1. Ingestão de ovos infestantes.
2. Libertação das larvas no intestino.
3. Passagem pelo fígado.
4. Migração para os pulmões.
5. Deglutição.
6. Localização definitiva no intestino delgado. Cópula e fecundação.
7. Após 40-60 dias, eliminação de ovos não infestantes.
8. Depois de 7-14 dias, transformação em ovos infestantes.

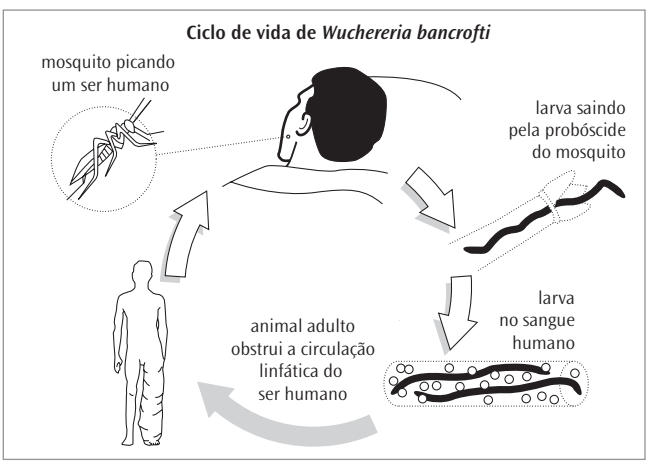
3. Filariose ou elefantíase

Doença causada pelo verme *Wuchereria bancrofti*, que, quando adulto, aloja-se nos vasos linfáticos, obstruindo-os, dificultando o escoamento da linfa e ocasionando seu acúmulo no órgão atingido. O verme, quando em fase larval, necessita do mosquito hematófago do gênero *Culex*, no qual completa seu desenvolvimento.

Medidas profiláticas

Extermínio do mosquito *Culex* e drenagem de águas paradas.

Markus Steiger


Ciclo de vida de *Wuchereria bancrofti*
mosquito picando um ser humano
larva saindo pela probóscide do mosquito
larva no sangue humano
animal adulto obstrui a circulação linfática do ser humano

Anelídeos

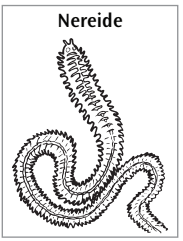
A maioria é de vida livre, habitando o solo úmido, a água doce ou o ambiente marinho. Há poucas espécies parasitas.

Os mais populares são a minhoca e a sanguessuga; outros habitam o interior de tubos calcários ou vivem enterrados na areia.

As três classes em que se dividem os anelídeos são determinadas de acordo com a presença ou não de cerdas.

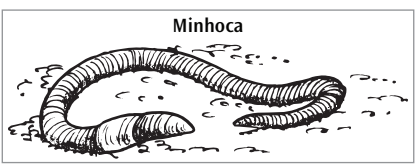
1. **Poliquetas** – muitas cerdas. Maioria marinhos, dioicos de fecundação externa e desenvolvimento indireto, com larva ciliada (trocófora). Exemplo: nereide.

Glória Costa



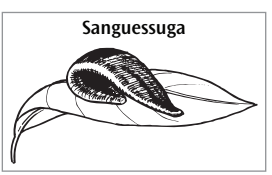
2. **Oligoquetas** – poucas cerdas. São terrestres e dulcícolas, monoicos de fecundação cruzada e externa e desenvolvimento direto. Exemplo: minhoca.

Glória Costa



3. **Hirudíneos** – sem cerdas. São terrestres ou aquáticos, monoicos de desenvolvimento direto. Exemplo: sanguessuga.

Glória Costa



Os anelídeos são vermes de corpo alongado, cilíndrico e dividido em anéis, também chamados segmentos ou metâmeros.

A metameria apresenta-se tanto externa como internamente, uma vez que cada anel abriga diversos órgãos individualizados que se repetem (nervos, estruturas musculares, unidades excretoras etc.).

O corpo é revestido de tecido epitelial simples, que secreta uma cutícula delicada, protegendo o organismo contra a desidratação.

Nos oligoquetos, há fileiras de cerdas de quitina dispostas ao longo da região ventral do corpo. Nos poliquetos, há feixes de cerdas apenas nos parapódios.

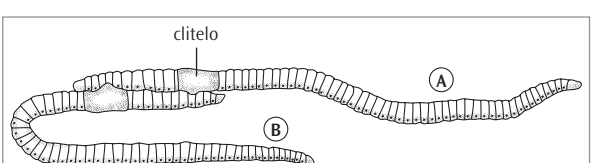
Nos anelídeos, há células táteis, foto e quimiorreceptoras, dispersas no epitélio. Os poliquetos têm olhos desenvolvidos.

No passado, as sanguessugas, representantes dos hirudíneos, foram largamente empregadas como instrumento para sangrias. A secreção produzida em suas glândulas salivares é uma substância de interesse farmacológico. As sanguessugas têm duas ventosas: uma anterior e outra posterior. No centro da ventosa anterior, fica a boca, com três lâminas cortantes para a perfuração da pele dos animais hospedeiros.

Reprodução dos anelídeos

Muitas espécies de anelídeos possuem uma estrutura denominada clitelo. Este produz um casulo, dentro do qual são eliminados os óvulos maduros. O casulo então desliga-se do clitelo e desloca-se para a extremidade anterior da minhoca; ali, recebendo espermatozoide de outra, ocorre a fecundação dos óvulos. Assim, apesar de hermafrodita, a minhoca realiza fecundação cruzada. Após a fecundação, o casulo separa-se do corpo. Em seu interior, os óvulos fecundados se desenvolvem e originam minhocas jovens sem estágio larval, o que caracteriza o que se chama de desenvolvimento direto.

Markus Steiger



Na figura, a minhoca "A" passa seus espermatozoides para a minhoca "B" e também recebe espermatozoides dela. O resultado é que tanto a minhoca "A" como a minhoca "B" ficam "grávidas".

Artrópodes

O filo dos artrópodes ultrapassa todos os outros grupos de animais no que diz respeito à distribuição ecológica e ao número de espécies (mais de 800 mil), existindo em todos os ambientes – aquáticos, terrestres e aéreos.

Esse grupo sempre teve uma enorme importância para o ser humano. Muitas espécies parasitam animais domésticos, vegetais cultivados, ou ainda são transmissores de parasitas ao ser humano. Por outro lado, alguns são de grande interesse alimentar, como camarões e lagostas. Nos mares, os microcrustáceos representam a maior biomassa de consumidores de primeira ordem, isto é, nutrem-se de algas microscópicas, porém servem de alimento a pequenos peixes; são então um importantíssimo elo das cadeias alimentares marinhas.

O corpo dos artrópodes é revestido externamente pelo esqueleto externo ou exoesqueleto. Seu principal constituinte é a quitina, um polissacarídeo que forma uma camada resistente e flexível. Essa substância, além de conferir proteção mecânica, é também eficiente defesa contra a desidratação nos animais terrestres. Em muitos artrópodes, especialmente nos crustáceos, a camada de quitina é impregnada por sais como fosfato de cálcio e carbonato de cálcio. Um exoesqueleto tem o inconveniente de limitar tanto a movimentação do animal quanto seu crescimento. No entanto, o esqueleto dos apêndices (como as patas, por exemplo) é dividido em várias seções articuladas, isto é, as várias partes de cada pata estão ligadas uma à outra por meio de membranas flexíveis, que permitem seu movimento.

O problema do crescimento foi resolvido pelos artrópodes da seguinte forma: periodicamente eles sofrem o fenômeno da muda, ou ecdise.

Nessa fase, o esqueleto é erodido por enzimas enquanto, simultaneamente, há formação de novas camadas.

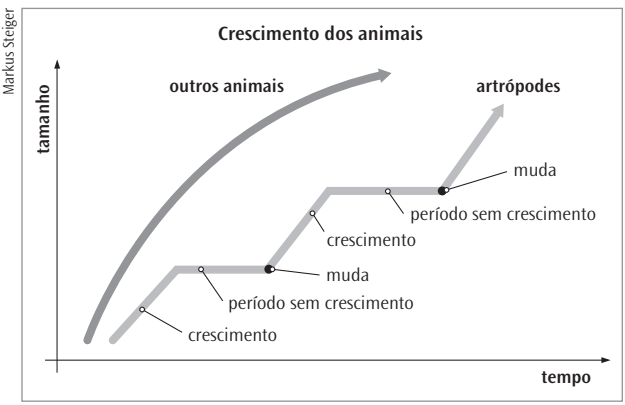
Na maioria dos artrópodes, o esqueleto velho se rompe longitudinalmente no dorso ou nos lados do corpo, sendo abandonado pelo animal.

No início, a nova "casca" é relativamente mole e permite que o animal cresça.

Enquanto ela não endurece, o artrópode fica relativamente desprotegido.

Os artrópodes estão distribuídos em cinco classes principais:

- insetos, crustáceos, aracnídeos, quilópodes, diplópodes.



Comparando a curva descontínua de crescimento dos artrópodes com a curva contínua de crescimento dos outros animais, nota-se que, nos artrópodes, o crescimento ocorre logo após a muda.

Insetos

Em função de uma espantosa capacidade adaptativa e reprodutiva, eles ocupam todos os ambientes, exceto os mares.

São ainda os únicos invertebrados voadores.

Apresentam o corpo dividido em três regiões: cabeça, tórax e abdome.

Na cabeça, há duas antenas, de várias formas, onde se distribuem os órgãos sensoriais. No tórax, há três pares de pernas. É também no tórax que ficam inseridas as asas; em alguns insetos existe um par de asas; em outros, dois pares.

O tipo de aparelho bucal é de importância taxonômica e indica o tipo de nutrição do animal.

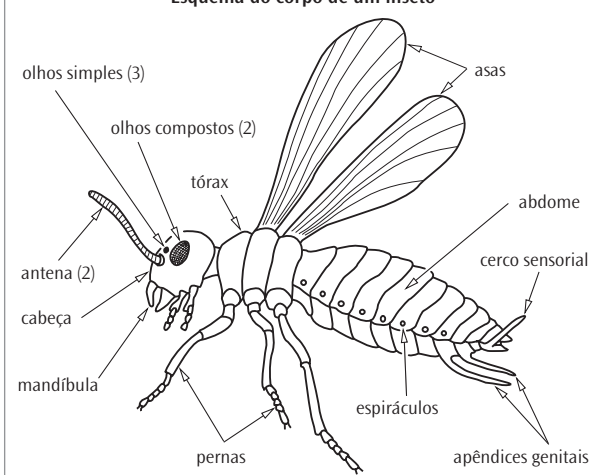
Ele pode ser mastigador (gafanhotos), picador (mosquitos), lambedor (abelhas) e sugador (borboletas).

Dependendo do seu aspecto e consistência, as asas podem ser membranosas (finas e transparentes), pergaminháceas (finas e opacas, flexíveis e coloridas), élitras (espessas, opacas e pigmentadas), hemi-élitras (espessas na base e membranosas na extremidade).

No abdome, não há asas ou pernas, mas na região terminal pode aparecer, bem desenvolvido, o aparelho ovipositor (para postura de ovos).

Markus Steiger

Esquema do corpo de um inseto



Reprodução dos insetos

A reprodução é sexuada. É comum o dimorfismo sexual. A fecundação é interna. Nas fêmeas, há um ovopositor especialmente desenvolvido nos ortópteros (gafanhotos) e himenópteros (vespas, abelhas); nestes últimos este órgão está modificado em ferrão inoculador de veneno. O desenvolvimento é direto ou indireto e, neste caso, há metamorfose. Podemos definir três tipos de desenvolvimento, que são critérios importantes usados na classificação:

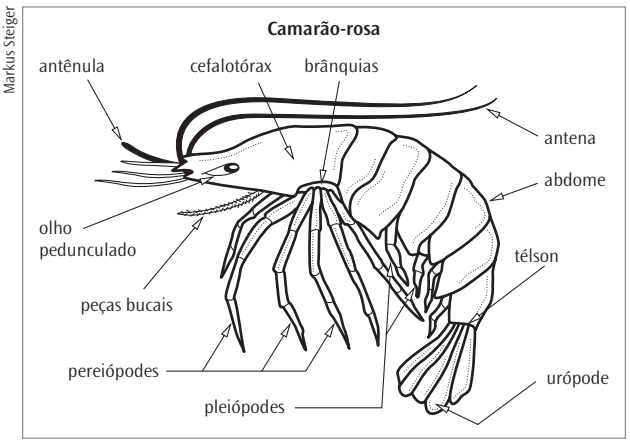
1. **Ametábolos**: insetos sem larvas; portanto não sofrem metamorfose.
2. **Hemimetábolos**: com metamorfose parcial, pois o inseto jovem já é semelhante ao adulto.
3. **Holometábolos**: com metamorfose total. Há as seguintes fases de vida: ovo, larva, pupa e imago (adulto). Nos lepidópteros (borboletas e mariposas), essas fases recebem nomes especiais: ovo, lagarta, crisálida e adulto.

Crustáceos

O nome do grupo vem de "crosta", pois o exoesqueleto é normalmente muito duro, com forte impregnação calcária. São animais predominantemente aquáticos, marinhos e dulcícolas. Podem viver também na areia das faixas litorâneas, como os caranguejos, e em terra úmida, como os tatuzinhos de jardim. Algumas espécies, como as cracas e natifas, ficam presas às rochas, podendo suportar longos períodos de exposição ao ar. Outras vivem enterradas na areia das praias (tatuís) ou na lama dos mangues (caranguejo maria-mulata). Há também representantes parasitas como *Sacculina*, que formam uma espécie de bolsa nas vísceras dos caranguejos. Uma grande diversidade de formas e tamanhos inclui as muitas espécies microscópicas que compõem o zooplâncton marinho.

Nos crustáceos, há fusão da cabeça com o tórax, constituindo o cefalotórax. Na região anterior do cefalotórax, ficam a boca, dois olhos e dois pares de antenas.

Nos segmentos dos crustáceos, há pares de apêndices ou extremidades articuladas.



Reprodução dos crustáceos

Os crustáceos são de sexos separados, e o desenvolvimento é indireto, com a formação de larvas.

Aracnídeos

Este grupo compõe-se de indivíduos na maioria terrestres, vivendo sob pedras, troncos ou buracos no solo. Todas as espécies de aranhas, escorpiões e ácaros, como os carrapatos, são aracnídeos. Há espécies carnívoras, ectoparasitas e hematófagas.

Na ordem ácaros, além dos carrapatos, incluem-se também pequenos parasitas dos folículos pilosos (*Demodex folliculorum*) ou escavadores da pele, como o causador da sarna (*Sarcoptes scabiei*).

Como os crustáceos, os aracnídeos apresentam cefalotórax, mas não possuem antenas.

O primeiro par de apêndices articulados são as quelíceas, que assumem várias formas. O segundo par são os pedipalpos. Os

quatro pares seguintes são as pernas. O abdome nunca apresenta apêndices.

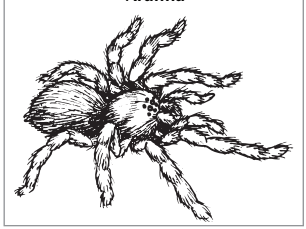
Nas aranhas, o abdome tem ventralmente as aberturas das filotraqueias e o poro genital. Posteriormente, ficam o ânus e as fiandeiras, que tecem os filos da teia.

Nos escorpiões, existe um pós-abdome, cujo último artículo é inoculador de veneno.

Nos ácaros, não há uma nítida separação entre cefalotórax e abdome.

Glória Costa

Aranha



Glória Costa

Escorpião

Reprodução dos aracnídeos

São animais de sexos separados. Há dimorfismo sexual e fecundação interna. São ovíparos e vivíparos (escorpiões), e o desenvolvimento é direto. Há partenogênese em alguns ácaros (carrapatos). Nos ácaros, há larvas com três pares de patas.

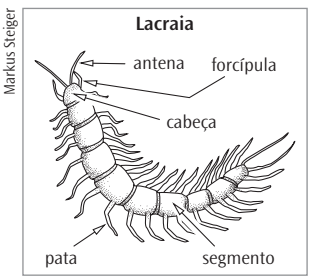
Quilópodes e diplópodes

Essas duas classes, com cerca de 11 mil espécies, eram agrupadas sob a denominação de miriápodes (inúmeros pés), de corpo alongado e, como o nome indica, com inúmeros pares de patas. São animais terrestres, de hábitos diurnos ou noturnos, vivendo sob pedras, troncos podres e folhagem.

Os diplópodes não produzem veneno; são popularmente chamados mil-pés, piolho-de-cobra, embuás e gongolos. Os qui-

lópodes, inoculadores de veneno, são as centopeias e lacraias, que podem atacar até pequenos roedores (camundongos), lagartixas, aves nos ninhos e outros artrópodes.

As menores espécies, alguns piolhos-de-cobra, têm apenas alguns milímetros de comprimento, e as maiores, como certas lacraias, chegam a 25 cm.



Markus Steiger

Reprodução dos quilópodes e diplópodes

São animais de sexos separados, de fecundação interna e ovíparos. O desenvolvimento é direto. Não há larva.

Observe no quadro abaixo as principais diferenças entre quilópodes e diplópodes:

Quilópodes	Diplópodes
carnívoros	herbívoros
movimentos rápidos	movimentos lentos
não se enrolam	enrolam-se em espiral
um par de pernas por segmento	dois pares de pernas por segmento
um par de antenas longas	um par de antenas curtas

Moluscos

Os moluscos vivem nos diversos ambientes. Há espécies em terra úmida, como os caracóis e as lesmas, e outras na água doce e no mar.

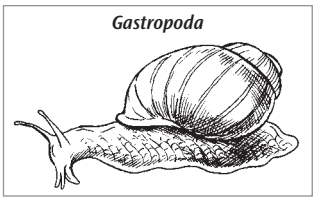
As espécies marinhas podem viver presas às rochas — como é o caso dos mexilhões (mariscos) e ostras —, se arrastar sobre a areia — como os caramujos —, nadar livremente — como os polvos e lulas —, ou ainda flutuar em belas conchas — como o nautilus.

Moluscos são dotados de corpo viscoso, mole e não segmentado, envolvido por uma concha calcária e constituído de três partes: cabeça, pé e massa visceral.

São classificados em sete classes: *Polyplacophora, Scaphopoda, Gastropoda, Bivalvia, Cephalopoda, Aplacophora* e *Monoplacophora.*

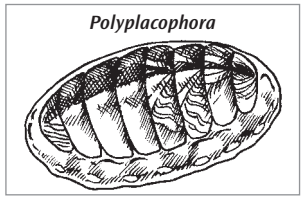
1. ***Polyplacophora:*** seres marinhos, corpo dotado de placas calcárias protetoras. Exemplo: quíton.
2. ***Scaphopoda:*** seres marinhos, corpo dotado de uma concha tubular protetora. Exemplo: dentálios.
3. ***Gastropoda:*** indivíduos marinhos, dulcícolas ou terrestres: conchas univalvas ou ausentes; pé achatado e cabeça com dois pares de tentáculos. Exemplos: caramujos, caracóis, lesmas.
4. ***Bivalvia:*** animais marinhos ou dulcícolas: concha bivalva, única classe sem rádula; brânquias para a respiração e captura de alimentos; cabeça pequena. Exemplos: ostras, mariscos.
5. ***Cephalopoda:*** marinhos; corpo sem conchas externas; cabeça volumosa e pés como tentáculos. Exemplos: polvos e lulas.
6. ***Aplacophora:*** moluscos desprovidos de concha, assemelham-se a pequenos vermes e vivem em grandes profundidades oceânicas. São exclusivamente marinhos e pouco conhecidos. Exemplo: *Chaetoderme canandensis.*
7. ***Monoplacophora:*** moluscos que apresentam o corpo recoberto por uma concha em forma de placa. São exclusivamente marinhos e vivem em grandes profundidades oceânicas. Exemplo: *Neopilina galathea.*

Fabiana Fernandes



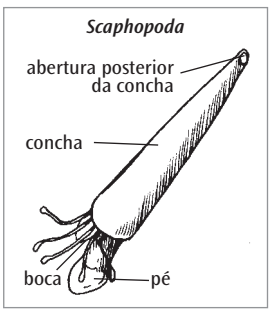
O caracol é univalve.

Fabiana Fernandes



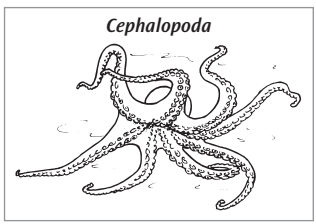
Quíton.

Fabiana Fernandes



Dentálio.

Glória Costa



Polvo.

Glória Costa

Reprodução dos moluscos

Os moluscos podem ser de sexos separados ou hermafroditas. Em qualquer caso, a reprodução é sempre sexuada e cruzada.

Os moluscos são normalmente ovíparos.

Seu desenvolvimento pode ser direto ou indireto, havendo uma larva ciliada, véliger.

Equinodermos

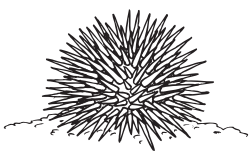
São animais exclusivamente marinhos. Possuem um esqueleto interno de placas calcárias, às quais se associam espinhos fixos ou móveis.

Classes dos equinodermos

1. **Equinoide**: corpo esférico, com espinhos grandes e móveis, ou achatado, com espinhos curtos e finos. Exemplo: ouriço-do-mar; bolacha-do-mar.

Glória Costa

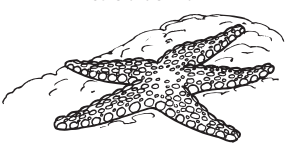
Ouriço-do-mar



2. **Asteroide**: corpo estrelado, com cinco ou mais braços; espinhos pequenos e fixos. Exemplo: estrela-do-mar.

Glória Costa

Estrela-do-mar



3. **Crinoide**: corpo estrelado, com braços ramificados, sem espinhos. Exemplo: lírio-do-mar.

Glória Costa

Lírios-do-mar

4. **Holoturoide**: indivíduos com corpo cilíndrico e sem espinhos; ausência de braços. Exemplo: pepino-do-mar.

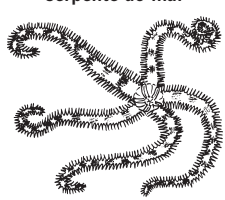
Glória Costa

Pepino-do-mar

5. **Ofiuroide**: corpo estrelado, com disco central bem delimitado; espinhos curtos ou longos situados nos braços. Exemplo: serpente-do-mar.

Glória Costa

Serpente-do-mar



Reprodução dos equinodermos

São animais de sexos separados, de fecundação externa e desenvolvimento indireto, com vários tipos de larvas ciliadas planctônicas.

Cordados

Os cordados – filo Chordata – constituem um grupo zoológico bastante heterogêneo, abrangendo animais adaptados para a vida na água doce e salgada, na terra e no ar. Eles são divididos em:

1. **Protocordados**: os cordados mais primitivos, destituídos de coluna vertebral e caixa craniana;

2. **Eucordados ou vertebrados**: os mais evoluídos, pois, além de dotados de coluna vertebral, têm crânio com encéfalo. As características diferenciais e exclusivas, que permitem o enquadramento de um animal no grupo dos cordados, e que estão presentes pelo menos nos primeiros estágios de desenvolvimento, são a notocorda, as fendas branquiais e o tubo nervoso dorsal.

   Notocorda ou corda dorsal: a notocorda consiste num bastão fibroso que confere sustentação ao corpo. Nos vertebrados ou eucordados, a notocorda é substituída pela espinha dorsal ou coluna vertebral.

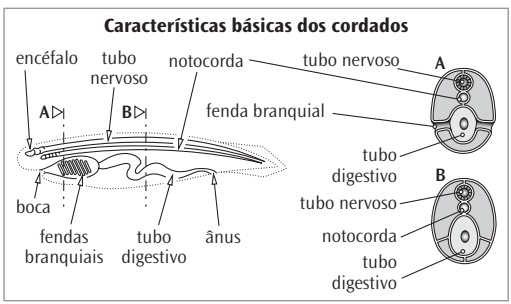
   Fendas branquiais: são pequenos orifícios encontrados na faringe e que se prestam à filtração de alimentos ou à respiração. As fendas permanecem nos protocordados e nos peixes adultos. Nos outros grupos, as fendas branquiais estão presentes apenas nos embriões, fechando-se no decorrer do desenvolvimento do animal.

   Tubo nervoso dorsal: o sistema nervoso ocupa posição dorsal e apresenta-se como um tubo nervoso longitudinal e único.

   Este filo divide-se em quatro subfilos:

- Hemichordata;
- Urochordata ou tunicata;
- Cephalochordata;
- Euchordata ou craniata.

Markus Steiger



Os três primeiros subfilos correspondem aos cordados primitivos e, portanto, são considerados integrantes do grupo Protochordata.

Os eucordados dividem-se em dois grupos:

- **Agnatha**: apresenta uma única classe: *Cyclostomata*
- **Gnathostomata**: apresenta duas subclasses:

1. *Pisces*, que compreende a classe *Chondrichthyes* ou peixes cartilaginosos, e a classe *Osteichthyes* ou peixes ósseos.
2. *Ostetrápodos*, que compreende as classes *Amphibia, Reptilia*, Aves e *Mammalia*, todos os animais portadores de dois pares de membros; nas aves, os membros anteriores são transformados em asas.

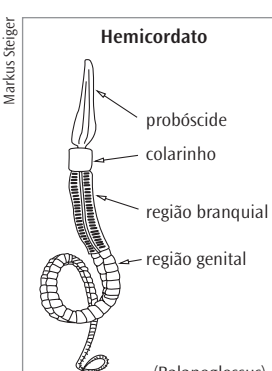
Protocordados: Cordados invertebrados

Constituindo um grupo de pequenos animais exclusivamente marinhos, os protocordados são considerados um elo de ligação entre os invertebrados e os vertebrados.

Esses pequenos animais têm certas características que permitem estabelecer diferenças entre eles e os vertebrados:

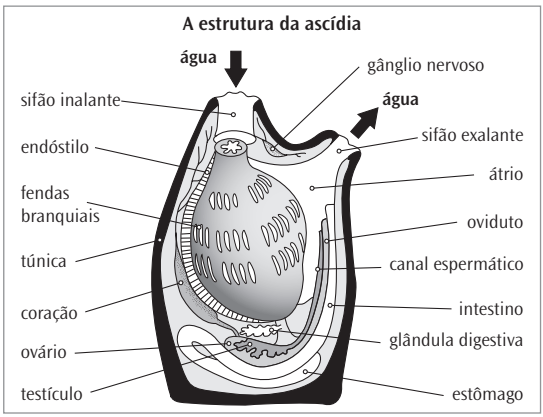
- não apresentam crânio;
- não têm encéfalo;
- são destituídos de coluna vertebral.

1. **Hemichordata**: corpo cilíndrico (vermiforme); notocorda atípica, reduzida a um pequeno segmento anterior; larva ciliada (vida livre) chamada Tornária; sangue sem pigmento respiratório. Exemplo: *Balanoglossus gigas*.



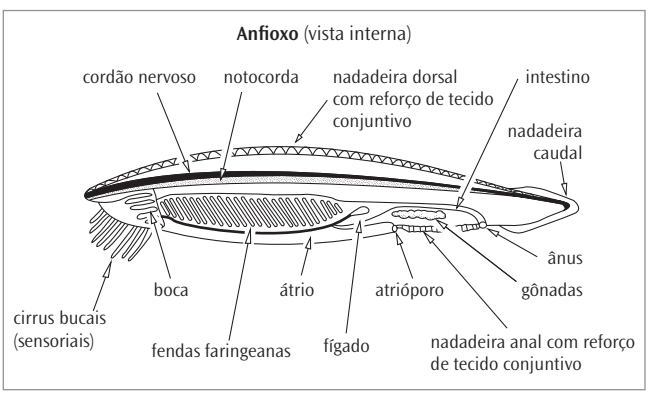
2. **Urochordata**: corpo saculiforme; notocorda presente somente na fase larvar e reduzida à região caudal; sangue verde; presença de átomos de vanádio no pigmento respiratório. Exemplo: Ascídia.

Markus Steiger



3. **Cephalochordata**: corpo achatado bilateralmente; notocorda bem desenvolvida da cauda até a cabeça; sangue incolor. Exemplo: *Branchiostoma lanceolatus* (anfioxo).

Markus Steiger



Eucordados: cordados vertebrados

A presença de espinha dorsal ou coluna vertebral é a característica distintiva dos eucordados. Os animais vertebrados possuem um esqueleto dotado de caixa craniana que envolve e protege o encéfalo. O esqueleto pode ser cartilaginoso ou ósseo, dependendo da espécie; a pele tem epiderme pluriestratificada; a circulação sanguínea é fechada, sempre com um coração dotado de duas ou mais cavidades; a excreção se efetua por rins.

Agnatha

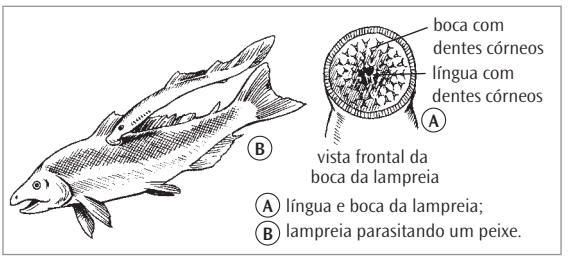
Classe Ciclostomados: tem dois representantes típicos: a lampreia e a feiticeira.

São destituídos de mandíbulas (Agnatas) e de vértebras típicas; a caixa craniana e as vértebras são cartilaginosas. Têm corpo alongado e cilíndrico, sem escamas; a boca, dotada de dentes córneos, é circular, adaptada à sucção e situada na região ventral e anterior do corpo. Apresentam respiração branquial, possuindo de seis a 14 pares de brânquias. Possuem dez pares de nervos cranianos.

São animais parasitas: as lampreias são ectoparasitas; as feiticeiras são endoparasitas.

As lampreias fixam-se às suas vítimas por meio de ventosas e raspam-lhes a pele com os dentes e a língua; então, sugam-lhes os tecidos juntamente com o sangue, causando-lhes a morte. As feiticeiras penetram no interior dos peixes através de brânquias e destroem principalmente os músculos da vítima.

Fabiana Fernandes



A língua e boca da lampreia;
B lampreia parasitando um peixe.

Peixes

Os peixes compreendem duas grandes classes:

Chondrichthyes: peixes cartilaginosos ou elasmobrânquios;

Osteichthyes: peixes ósseos ou teleósteos.

Apresentam mandíbulas; são pecilotermos, o que significa que a temperatura do corpo varia de acordo com as variações da temperatura do meio, uma vez que esses animais são destituídos de um sistema termorregulador eficiente.

Apresentam respiração branquial. As brânquias são filamentos delicados, providos de vasos que recolhem o oxigênio dissolvido na água.

Nos peixes ósseos, as brânquias são protegidas por uma placa situada atrás dos olhos, chamada opérculo. Nos peixes cartilaginosos, não há opérculo, sendo as brânquias descobertas.

A linha lateral é uma estrutura presente nos dois lados do corpo de peixes ósseos e cartilaginosos e tem função sensorial: permite a percepção de vibrações e de pressões do meio.

Nos peixes ósseos, existe um saco armazenador de gases, com posição dorsal, chamado bexiga natatória. Essa estrutura, ausente nos peixes cartilaginosos, tem função hidrostática, isto é, promove o ajustamento do peso específico do animal ao peso da água. Assim, a bexiga de peixes ósseos atua como uma boia: aumenta de volume, facilitando a flutuação, quando o peixe sobe, e diminui de volume quando o peixe desce.

As variações de volume que ocorrem na bexiga natatória devem-se à presença de uma glândula de gás, situada na parede da bexiga: para encher a bexiga, a glândula mobiliza gases do sangue; para esvaziá-la, os gases são eliminados para o sangue.

Anfíbios

Esses animais, que surgem a partir de peixes pulmonares, compreendem atualmente os sapos, as cobras-cegas, as pererecas, as salamandras etc.

Apresentam pele úmida, intensamente vascularizada e pobre em queratina, uma proteína impermeabilizante. A carência de queratina determina a presença de uma camada córnea (camada externa e morta de pele) reduzida, o que acarreta a baixa capacidade de defesa contra a desidratação. Por isso, esses animais geralmente não suportam climas extremos, vivendo restritos a ambientes úmidos e sombrios.

São pecilotermos, isto é, apresentam temperatura corpórea variável de acordo com as oscilações térmicas do ambiente.

A respiração das larvas é diferente da respiração do indivíduo adulto. As larvas respiram por meio de brânquias. Nas formas adultas, a respiração ocorre de duas maneiras: por meio de pulmões rudimentares, dotados de pequena superfície, e através da pele.

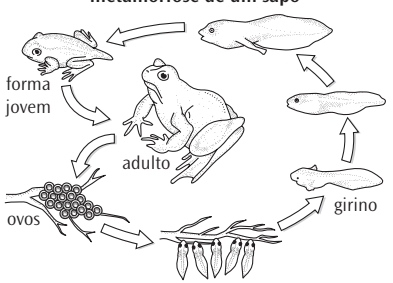
Essa respiração cutânea compensa a pequena superfície pulmonar, garantindo um suprimento adequado de oxigênio para o animal.

A fecundação é geralmente externa e o desenvolvimento é indireto. Os ovos não têm casca protetora e acham-se envoltos por cápsulas gelatinosas.

Nos sapos e nas rãs, as larvas originadas do cruzamento são chamadas girinos. Dotados de cauda e brânquias, os girinos sofrem metamorfose e vão se transformando em adultos com patas e pulmões.

Markus Steiger

As etapas da reprodução com metamorfose de um sapo

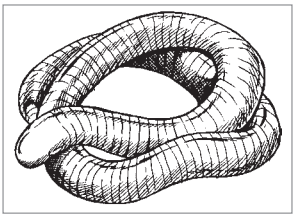


Classificação: Há três ordens em que se dividem os anfíbios:

1. **Ápoda**: corpo alongado, cilíndrico e liso, com patas atrofiadas. Exemplo: cobra-cega.
2. **Urodela**: corpo dotado de cauda e quatro patas. Exemplo: salamandra, proteus.
3. **Anura**: quatro patas e corpo cilíndrico desprovido de cauda. Exemplos: sapo, rã.

Corel Professional Photos

Perereca, um anfíbio anuro.



Cobra-cega, um ápode.

Salamandra, um anfíbio urodelo.

Répteis

Os répteis constituem os primeiros vertebrados efetivamente adaptados para a vida terrestre. Surgiram a partir dos anfíbios. A Terra já conheceu formas gigantescas desses animais, como os dinossauros. Hoje, a classe compreende crocodilos, jacarés, cobras e tartarugas, entre outros.

Os sexos são geralmente separados. A fecundação independe da água: é interna, permitindo que os gametas fiquem protegidos das influências do meio externo. O desenvolvimento é direto.

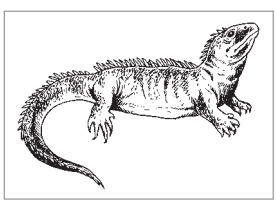
São animais ovíparos. Os ovos são dotados de casca grossa, o que constitui mais uma adaptação à vida terrestre, uma vez que protegem os embriões contra desidratação.

Possuem órgãos respiratórios internos (respiração pulmonar), fato que também contribui para protegê-los contra desidratação.

O principal excreta nitrogenado é o ácido úrico, substância pouco solúvel e de baixa toxidade. O ácido úrico pode permanecer no corpo do animal por um tempo maior do que, por exemplo, a ureia, e é eliminado com perda mínima de água. Por isso, a presença de ácido úrico é considerada uma adaptação à vida terrestre.

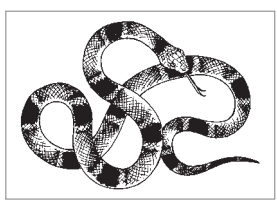
Classificação: A classe de répteis compreende quatro ordens: *Rhyncochephalia* (rincocéfalos), *Squamata* (lacertílios e ofídios), *Chelonia* (quelônios) e *Crocodilia* (crocodilianos).

Fabiana Fernandes



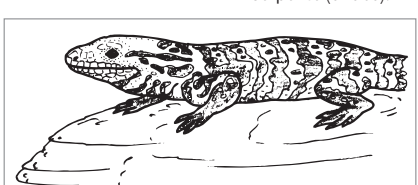
Tuatara.

Fabiana Fernandes



Serpente (ofídeo).

Glória Costa



Lagarto (lacertílio), Escamoso.

Photodisc

Quelônio.

U.S. Geological Survey

Crocodiliano.

Algumas serpente possuem a capacidade de inocular veneno, produzido por um par de glândulas localizadas uma em cada lado do maxilar superior, ligadas à presa por um ducto.

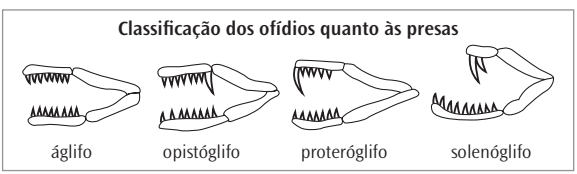
Baseando na dentição, as cobras são classificadas em:

1. **Áglifas**: quando não têm presas inoculadoras de veneno; os dentes são todos iguais e maciços. Exemplo: jiboia, sucuri, jararacuçu-do-brejo.
2. **Opisteróglifas**: quando têm dentes sulcados, inoculadores de veneno na região posterior dos maxilares superiores. Devido à posição posterior dos dentes, normalmente não representam perigo para o homem. Exemplo: falsa-coral, muçurana, cobra-cipó.
3. **Proteróglifas**: possuem presas sulcadas na posição anterior dos maxilares superiores, o que lhes permite inocular o veneno. Exemplo: corais verdadeiras.
4. **Solenóglifas**: possuem presas longas e curvas, dotadas de canais internos, localizados na região anterior dos maxilares superiores, o que lhes permite inocular o veneno. Exemplo: cascavel, jararaca, urutu, surucucu.

Outras características que permitem identificar as cobras venenosas ou peçonhentas:

- pupilas elípticas, com exceção da coral verdadeira;
- cabeça triangular;
- a cauda afina bruscamente;
- movimentos lentos e hábitos geralmente noturnos;
- fossetas lacrimais – órgãos termossensoriais localizados entre os olhos e as narinas; são capazes de detectar a presença de animais de sangue quente.

Markus Steiger



Aves

As aves são vertebrados originários dos répteis. Possuem visão e audição aguçadas, que favorecem o acesso a alimentos e o reconhecimento da espécie, principalmente para o acasalamento.

Encontram-se nas mais diversas formas de hábitat, exibindo grande diversidade de hábitos alimentares.

As aves têm pele delicada, seca e sem glândulas. Os anexos epidérmicos exclusivos do grupo são as penas, que contribuem para a manutenção da temperatura corpórea e são fundamentais para o voo.

Em dias frios, o arrepio da penas retém uma camada de ar em torno da pele, que é aquecida pelo calor liberado pelo corpo; essa camada de ar tem, portanto, um efeito termoisolante, que dificulta a perda de calor para o meio e protege o animal contra o frio.

São animais homeotermos, isto é, capazes de manter a temperatura do corpo praticamente constante (ao redor de 40 °C), apesar das oscilações da temperatura ambiental. A capacidade de manter a temperatura constante contribui para a adaptação desses animais aos mais diversificados hábitats, uma vez que garante um desempenho metabólico ideal e contínuo.

Apresentam respiração pulmonar. Os pulmões apresentam sacos aéreos que armazenam ar.

Os ossos são ocos e leves e são chamados de ossos pneumáticos. Os sacos aéreos e os ossos pneumáticos aumentam a capacidade respiratória do animal e facilitam o voo por diminuírem o peso específico do corpo.

Os sexos são separados, com fecundação interna, sem larvas. As aves são animais ovíparos. O ovo é rico em vitelo, material nutritivo que garante o desenvolvimento do embrião.

Asas: Tal como nos insetos, a capacidade de voo das aves contribui para a conquista de novos territórios, o acesso a alimentos, a fuga quando atacadas por predadores e o encontro de parceiros para o acasalamento. Mas essas características só foram possíveis graças à presença de uma série de adaptações morfológicas:

- a forma aerodinâmica do corpo, que diminui o atrito com o ar;
- o corpo revestido por penas leves e os membros anteriores transformados em asas;

- esqueleto leve e resistente, dotado de ossos pneumáticos;
- ausência de dentes, o que contribui para deixar a cabeça mais leve;
- presença de membrana nictitante revestindo o olho e protegendo-o contra a poeira e o ressecamento durante o voo;
- osso esterno dotado de uma projeção denominada quilha ou carena, a qual permite a inserção de poderosos músculos peitorais que determinam o batimento das asas;
- ausência de bexiga urinária, com produção de excremento semipastoso rico em ácido úrico.

Mamíferos

Podem ser encontrados nos mais diversos tipos de hábitat, principalmente terrestres.

Supõe-se que os mamíferos, assim como as aves, originaram-se de répteis.

A principal característica desse grupo é a presença de glândulas mamárias, desenvolvidas nas fêmeas, e que produzem o leite destinado à alimentação dos filhotes. Têm pele rica em queratina e coberta de pelos. Os pelos, anexos epidérmicos exclusivos dos mamíferos, têm a mesma função das penas nas aves, isto é, contribuem para a manutenção da temperatura corpórea.

As glândulas sebáceas e sudoríparas são exclusivas da pele dos mamíferos.

São homeotermos. Contribuem para a homeotermia, entre outros fatores, a circulação sanguínea suficiente, a presença de pelos e de glândulas sudoríparas, além do tecido adiposo rico em gorduras sob a pele.

Quanto à reprodução, os mamíferos são vivíparos (o filhote se desenvolve dentro do corpo materno, dotado de útero), com exceção dos monotremados (ornitorrinco e equidna), cujo desenvolvimento se completa dentro do ovo, fora do corpo materno, e dos marsupiais, cujo desenvolvimento se completa dentro do marsúpio (bolsa). No processo de desenvolvimento do embrião, forma-se a placenta, anexo embrionário relacionado à nutrição do embrião,

responsável pelas trocas respiratórias, produção de hormônios e eliminação de excretas.

Equidna.

Classificação

A classe dos mamíferos subdivide-se em três subclasses:

1. **Prototérios** (mamíferos sem placenta)

Ordem *Monotremata*: mamíferos que põem ovos. Exemplo: equidna e ornitorrinco, encontrados na Austrália e Tasmânia.

2. **Metatérios**

Ordem *Marsupialia*. Exemplo: canguru, gambá, coala etc.

Photodisc

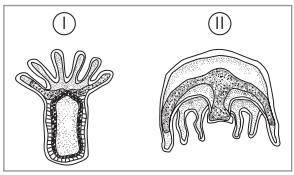
As fêmeas dos mamíferos marsupiais possuem bolsa denominada marsúpio, onde o embrião completa o seu desenvolvimento.

3. **Eutérios**

São os mamíferos placentários. O filhote desenvolve-se totalmente dentro do útero da fêmea. Compreende inúmeras ordens, inclusive a dos primatas, à qual pertencemos.

TESTE SEU SABER

1. (Cesgranrio-RJ) Os cnidários são considerados polimórficos, pois neles podemos distinguir duas formas de corpo. Assinale a opção que indica, corretamente, os nomes das formas ao lado esquematizadas.



a) I anêmona; II cifomedusa
b) I anêmona; II gonozoide
c) I anêmona; II medusa
d) I pólipo; II gonozoide
e) I pólipo; II medusa

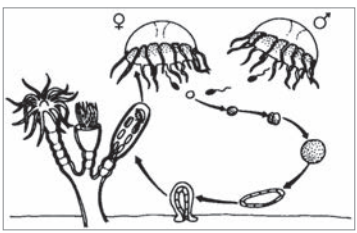
2. (UFPR) A *Taenia solium* tem por hospedeiro intermediário:

a) a vaca
b) o porco
c) o barbeiro
d) a Limnea
e) não tem hospedeiro intermediário

3. (UFPA) O ovo terrestre foi uma "grande invenção" dos vertebrados, que assim puderam conquistar o ambiente terrestre. Essa conquista ocorreu pela primeira vez com:

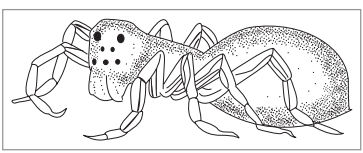
a) aves b) répteis c) anfíbios d) peixes e) mamíferos

4. (Fuvest-SP) O esquema ao lado representa o ciclo de vida de um invertebrado. Este animal pertence aos:



a) porífera.
b) brachiopoda.
c) ctenophora.
d) bryozoa.
e) hydrozoa.

5. (Fuvest-SP) Observe o animal desenhado.



a) A que filo e classe ele pertence?

b) Cite duas características, visíveis no desenho, que o distinguem de um inseto.

6. (Fuvest-SP)
a) Dê duas características comuns aos crustáceos, insetos e aracnídeos.
b) Dê uma característica própria de cada um dos grupos.

7. (Fuvest-SP) A "Grande Barreira de Recifes" se estende por mais de 2 mil km da costa nordeste da Austrália e é considerada uma das maiores estruturas construídas por seres vivos.
Quais são esses organismos e como eles formam essa estrutura?

8. (Fuvest-SP) O Departamento de agricultura da Irlanda do Norte prevê uma queda de um terço em sua produção agrícola, devido a uma praga que está atacando e reduzindo a população de minhocas na região (*New Scientist*, 15/9/1989).
a) Qual a importância das minhocas para a agricultura?
b) A que filo pertencem as minhocas?

9. (Unicamp-SP) Em relação ao peixe-boi, o padre Fernão Cardim escreveu por volta de 1625: "[...] este peixe é nestas partes real, o estimulado sobre todos os demais peixes [...] tem carne todas as fibras, como a da vaca [...] e também tem toucinho [...] sua cabeça é toda de boi com couro cabeludo, [...] olhos e língua [...]". Neste trecho, identifique a única palavra que permite reconhecer, sem dúvida, o peixe-boi como sendo um mamífero.

10. (Fuvest-SP) Com relação à conquista do meio terrestre, alguns autores dizem que as "Briófitas" são os anfíbios do mundo vegetal. Justifique essa analogia.

11. (Vunesp-SP) Cite três características das aves relacionadas com a capacidade de voar.

12. (Fuvest-SP) Cite quatro mamíferos característicos da fauna brasileira, dando o nome vulgar e a ordem sistemática a que pertencem.

Descomplicando a Biologia

(Unicamp-SP) Doenças transmitidas por picadas de artrópodes são comuns ainda nos dias de hoje, como é o caso da malária, da dengue e da febre maculosa. Outra doença transmitida por picada de artrópode é a peste bubônica, também conhecida como peste negra, epidemia que causou a morte de parte da população europeia na Idade Média. A peste bubônica é provocada por uma bactéria transmitida pela picada de pulga, o hospedeiro intermediário, que se contamina ao se alimentar do sangue de ratos infectados.

a) Aponte, entre as doenças citadas, aquela transmitida de forma semelhante à peste bubônica e explique como ela é transmitida.

b) Indique duas características exclusivas dos artrópodes, que os diferenciam dos outros invertebrados.

Resolução e comentários

a) Febre maculosa, que é causada por bactéria, como a peste bubônica, e é transmitida pela picada do carrapato-estrela. Observação: a malária, a dengue e a peste bubônica são transmitida por insetos, enquanto a febre maculosa é transmitidas por aracnídeos.

b) Exoesqueleto quitinoso e apêndices articulados.

14 Fisiologia animal

Enquanto a anatomia se encarrega de estudar a forma e a estrutura do organismo, a fisiologia estuda como ele funciona, quais as suas necessidades energéticas, como utiliza essa energia, o seu processo de locomoção, de reprodução, de obtenção de alimentos etc.

Nutrição

A manutenção da vida depende da ingestão, assimilação e utilização de substâncias denominadas nutrientes, encontradas nos alimentos. As grandes moléculas presentes nos alimentos são transformadas em compostos mais simples por intermédio das enzimas digestivas. A esse processo de transformação dá-se o nome de digestão.

Nos animais, a digestão pode ocorrer exclusivamente no interior das células, na chamada digestão intracelular — comum nos poríferos —, ou ocorrer em uma cavidade, com o lançamento de enzimas digestivas — é a digestão extracelular —, que ocorre com todos os outros animais. Neste caso, após a digestão, há a absorção das substâncias pelas células.

Sistema digestório

Digestão nos invertebrados

Poríferos: desprovidos de sistema digestório. Os alimentos são filtrados pelos coanócitos. Após a digestão exclusivamente intracelular, os nutrientes são distribuídos pelos amebócitos.

Cnidários ou celenterados: os alimentos são capturados pelos tentáculos, levados até a boca, que se comunica com a cavidade gastrovascular, onde os alimentos sofrem digestão

extracelular, e depois passam para o interior das células, onde se completa a digestão. Os resíduos são eliminados pela boca. Com apenas uma abertura (a boca), é chamado de "sistema digestório incompleto".

Platelmintos: digestão intra e extracelular, com tubo digestório incompleto. A exceção são os parasitas que são desprovidos de tubo digestório.

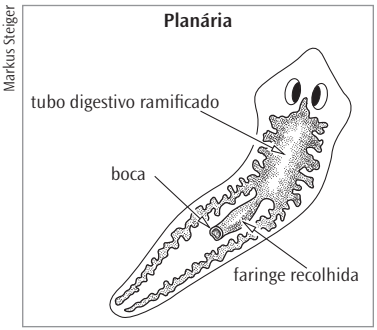
Anelídeos: a cavidade digestiva possui a forma de um tubo, com duas aberturas: a boca e o ânus (sistema digestório completo). As minhocas ingerem terra juntamente com detritos orgânicos, que permanecem no papo, de onde passam para a moela para ser triturados; no intestino, sofrem ação das enzimas, o material digerido é absorvido e os resíduos são eliminados pelo ânus.

Moluscos: as lemas, os caramujos e os caracóis apresentam na faringe uma placa com dentes, a rádula, que tem por função raspar os alimentos a ser ingeridos. Possuem glândulas salivares e glândulas produtoras de enzimas, o estilete cristalino.

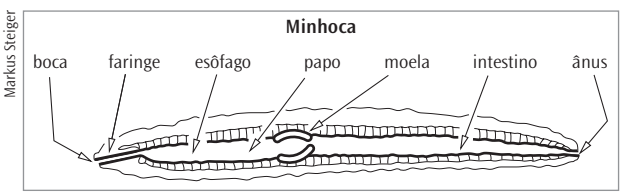
Aracnídeos: possuem glândulas hepáticas produtoras de enzimas. Com seu veneno, paralisam a presa e sobre ela são lançadas enzimas digestivas. O estômago sugador se encarrega de sugar os nutrientes.

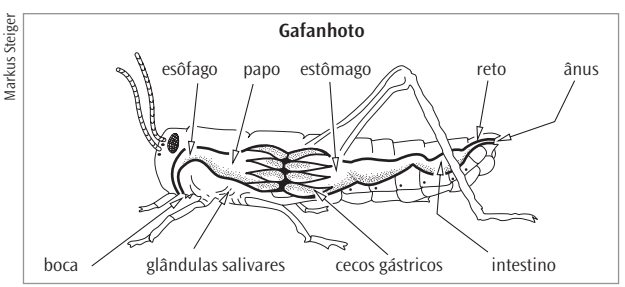
Insetos: apresentam uma variedade de aparelhos bucais. De acordo com o tipo de alimento, podem ser: trituradores, sugadores, lambedores ou picadores. Apresentam glândulas salivares que produzem enzimas digestivas. A digestão ocorre no estômago e a absorção dos alimentos no intestino. As fezes são eliminados pelo ânus.

Equinodermos: apresentam a lanterna-de-aristóteles, que tem a função de triturar. Muitos ejetam o estômago sobre o alimento e realizam a digestão fora do corpo.



Esquema de tubo digestório incompleto da planária: a única cavidade é a boca.





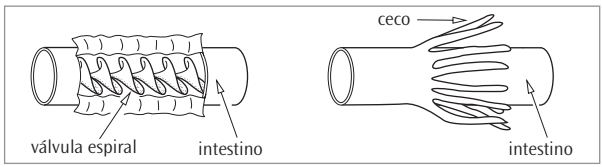
Tubo digestório completo do gafanhoto, um artrópode.

Digestão nos vertebrados

Os peixes cartilaginosos apresentam no intestino uma estrutura chamada válvula espiral, que aumenta a superfície de absorção dos alimentos. Os peixes ósseos apresentam cecos, que são expansões

da parede intestinal, também com a finalidade de aumentar a superfície em contato com o alimento.

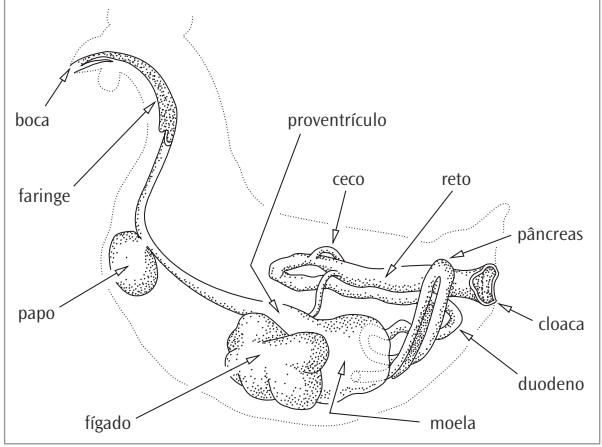
Markus Steiger



Válvula espiral de peixes cartilaginosos e cecos de peixes ósseos.

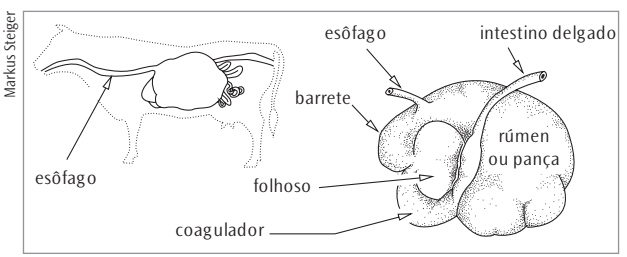
Markus Steiger

Esquema do sistema digestório das aves



Nas aves, o alimento é amolecido no papo, de onde segue para o estômago, dividido em proventrículo (estômago químico) e moela (estômago mecânico). No intestino, além da digestão, ocorre também a absorção; as fezes se formam na porção final do intestino, sendo eliminadas pelo ânus nos protocordados, nos peixes ósseos e mamíferos. Nos peixes cartilaginosos, anfíbios, répteis e aves, as fezes são eliminadas pelo orifício denominado cloaca, onde desembocam também os sistemas urinário e reprodutor.

Nos ruminantes (cavalo, vaca, carneiro, girafa, entre outros), o estômago é constituído por quatro câmaras: rúmen ou pança; retículo ou barrete; omaso ou folhoso; abomaso ou coagulador. O alimento ingerido fica retido no rúmen, no qual bactérias e protozoários digerem a celulose. Após a ação das bactérias, os alimentos parcialmente digeridos passam para o barrete, e do barrete retornam à boca, onde são mastigados (ruminação). O alimento é reingerido e vai para o folhoso, no qual inicia-se a reabsorção do excesso de água. Do folhoso é encaminhado ao coagulador, onde ocorre a digestão química pela ação do suco gástrico. Depois, o alimento é encaminhado ao intestino, onde inicia seu processo de absorção.



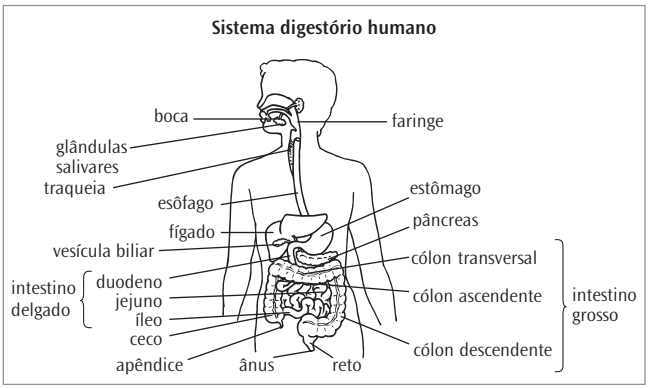
No estômago de ruminante há vários compartimentos para tratamento do alimento.

Digestão humana

A digestão é extracelular. O sistema digestório é completo, formado por um longo tubo, que se estende da boca ao ânus. Entre a boca e o ânus, vamos encontrar os seguintes órgãos intermediários: faringe, esôfago, estômago e intestinos (delgado e grosso).

Fazendo parte do sistema digestório, existem glândulas anexas, produtoras de secreções que são lançadas no tubo digestório, auxiliando no processo da digestão. São elas: as glândulas salivares, o fígado e o pâncreas.

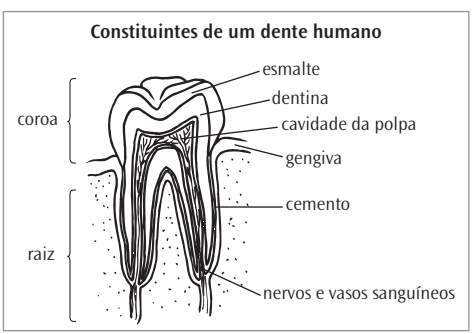
Glória Costa



Boca: cavidade destinada a ingerir os alimentos, mastigar e insalivar os alimentos. Na boca, são encontrados os dentes, a língua e as glândulas salivares, órgãos que auxiliam no processo de digestão dos alimentos.

Dentes: auxiliam na trituração e mastigação dos alimentos. Um dente é formado de três partes: coroa, colo e raiz; e por algumas camadas: a mais externa é o esmalte, em seguida, a dentina, e a mais interna é a polpa. Na polpa, existe uma arteríola, uma vênula e um nervo. A raiz é revestida pelo cemento, que é um tecido ósseo.

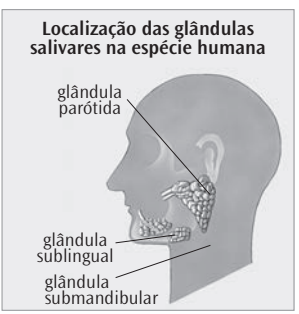
Glória Costa



Língua: é um órgão musculoso. Na sua superfície, apresenta corpúsculos táteis e quimiorreceptores. A língua participa da deglutição dos alimentos, contribui para a articulação das palavras e é o órgão da gustação.

Glândulas salivares: são três pares de glândulas: as parótidas, as submandibulares e as sublinguais. Sob o estímulo do cheiro e do sabor dos alimentos, essas glândulas produzem a saliva, que apresenta em sua composição a enzima ptialina ou amilase salivar, a qual atua, por sua vez, sobre o amido, iniciando sua digestão, transformando o amido em maltose. A saliva lubrifica e dilui os alimentos, facilitando a mastigação, gustação e deglutição.

Douglas Moreno



Faringe: órgão em forma de canal, comum ao aparelho digestório e respiratório. O alimento deglutido passa para a faringe, que se contrai voluntariamente, empurrando o alimento para o esôfago.

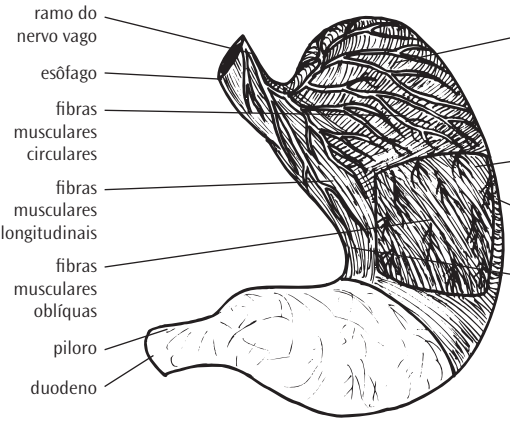
Esôfago: canal musculoso, com movimentos peristálticos involuntários, controlados pelo sistema nervoso autônomo. O esôfago atravessa o tórax, ligando a faringe ao estômago. As fortes contrações peristálticas do esôfago empurram o alimento em direção ao estômago. A entrada do alimento no estômago é controlada pela válvula cárdia.

Estômago: órgão resultante da dilatação do tubo digestivo, situado na cavidade abdominal. Sua porção inicial recebe o nome

de cárdia; apresenta na sua parte superior uma pequena curvatura e na parte inferior uma grande curvatura. Sua parte mais dilatada recebe o nome de região fúndica. Em sua porção final, ocorre um estreitamento, que recebe o nome de esfíncter pilórico, o qual faz divisa com o duodeno, início do intestino delgado.

Glória Costa

Anatomia externa do estômago



Chegando ao estômago, o alimento estimula a produção do hormônio gastrina pelas células da mucosa do estômago. Sob a ação desse hormônio, as células da região fúndica passam a produzir o suco gástrico, que contém ácido clorídrico e pepsinogênio. O ácido clorídrico apresenta o pH ácido (por volta de 2), e em meio ácido o pepsinogênio é transformado em pepsina (enzima ativa). A pepsina atua sobre as moléculas de proteína decompondo-as em moléculas menores, mas de natureza proteica – as proteoses e peptonas. No estômago, também são encontradas as enzimas mucina e renina ou lab-fermento, que coagulam o leite. Após permanecer no estômago algumas horas, o alimento ganha o aspecto de uma massa pastosa denominada quimo. Através do esfíncter pilórico o quimo chega ao duodeno.

Intestino delgado: chegando ao duodeno – porção inicial do intestino delgado –, o quimo apresenta certa acidez, o que provoca uma reação em suas paredes. O duodeno passa a produzir dois hormônios: a secretina e a colecistocinina, que, por sua vez, são lançados na corrente sanguínea. A secretina vai atuar no pâncreas, estimulando-o a produzir o suco pancreático, que será lançado no duodeno. O hormônio colecistocinina vai atuar sobre a vesícula biliar (bolsa armazenadora de bile, fabricada pelo fígado), provocando contrações, até que ocorra a liberação da bile, a qual é lançada no duodeno juntamente com o suco pancreático.

Além do suco pancreático e da bile, o quimo sofre também a ação do suco entérico, produzido pelas células da parede do intestino, e se transforma em quilo, que apresenta o pH alcalino por volta de 8.

Os sucos digestivos são ricos em enzimas, que ajudam na digestão dos alimentos. As principais enzimas são:

Presentes no suco pancreático	Presentes no suco entérico
amilase – digere o amido tripsina – digere proteínas lipase – digere lipídios	lactase – digere lactose maltase – digere maltose sacarase – digere sacarose erepsina – digere peptídios enteroquinase – ativa o tripsinogênio

A bile não contém enzimas, mas possui sais minerais que emulsionam as gorduras.

Intestino grosso: parte do alimento não absorvido no intestino delgado passa para o ceco, porção inicial do intestino grosso que atravessa a papila ileal. Uma grande quantidade de água acompanha os resíduos alimentares.

A região do ceco, em sua parte inferior, tem o apêndice, e em sua porção superior, o cólon ascendente; em seguida, o cólon transversal, o cólon descendente e o reto. Na região do ceco, os resíduos alimentares já constituem o bolo fecal, que, devido aos

pigmentos biliares, apresenta cor marrom. Grande parte do volume de água que acompanha o bolo fecal é reabsorvida ao longo do intestino grosso.

Sistema respiratório

A obtenção da energia necessária à manutenção do metabolismo dá-se por meio da respiração celular, que ocorre nas mitocôndrias.

A respiração pode ser anaeróbica (fermentação) ou aeróbica.

Nos animais distinguem-se as seguintes estruturas respiratórias:

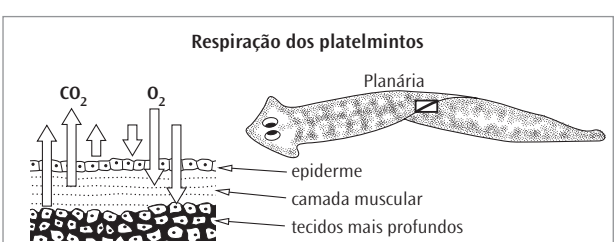
Respiração por difusão

As trocas gasosas são imediatas entre as células e o meio físico. Ocorre em organismos unicelulares, nos espongiários e nos cnidários.

Respiração cutânea

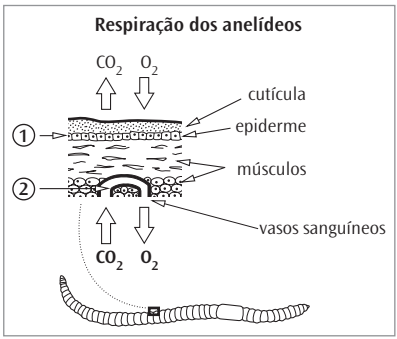
Atráves da pele, a respiração cutânea pode ser direta, como ocorre com os platelmintos: a difusão dos gases se dá por toda a superfície do corpo e logo a seguir pelas células mais profundas do corpo. É um transporte célula a célula.

Markus Steiger



A respiração cutânea indireta é a observada na minhoca. Logo abaixo da cútis, existem vasos sanguíneos superficiais. Esses vasos absorvem oxigênio, conduzindo-o para os tecidos mais profundos. Ao mesmo tempo liberam o dióxido de carbono para o exterior.

Markus Steiger

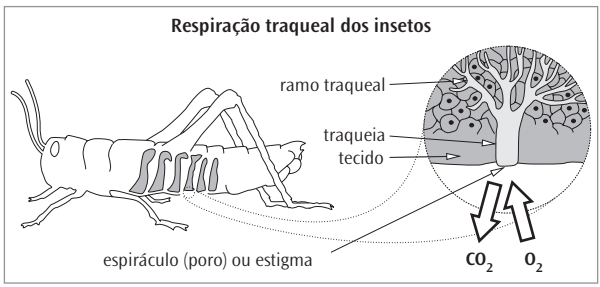


Abaixo da epiderme da minhoca (1), correm vasos sanguíneos (2) que conduzem o O_2 para o interior do corpo e descarregam o CO_2 para o exterior.

Respiração traqueal

É realizada por meio de traqueias – delgados tubos ramificados que levam o oxigênio ao interior dos tecidos. As traqueias levam oxigênio diretamente a todas as células. Nos animais de respiração traqueal, como nos insetos e as centopeias, o sangue é pobre em hemáceas, apresentando a cor branca-leitosa, chamado hemolinfa.

Markus Steiger



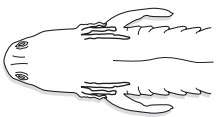
Respiração branquial

As brânquias são estruturas ricamente vascularizadas, especializadas em absorver o oxigênio dissolvido na água em estado gasoso e eliminar CO_2 proveniente das células.

As brânquias externas são mais primitivas; ocorrem nos poliquetas, crustáceos, larvas aquáticas de alguns insetos e larvas de anfíbios.

Markus Steiger

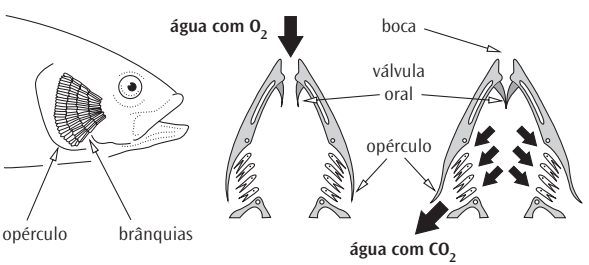
Larva de salamandra e brânquias externas



Nos peixes, as brânquias são internas. São expansões da faringe e se abrem para o exterior por meio de fendas laterais junto à cabeça. A água entra pela boca, passa pelas brânquias e sai pelo opérculo (abertura das brânquias).

Markus Steiger

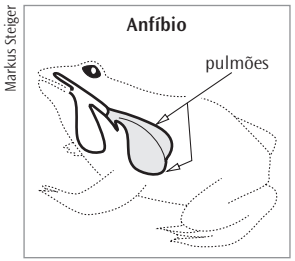
Passagem da água nos peixes



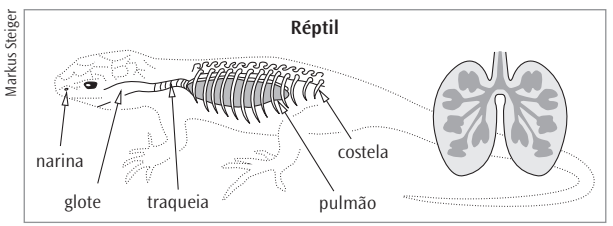
Nos peixes, a água entra pela boca, passa pelas brânquias e sai pela abertura do opérculo.

Respiração pulmonar

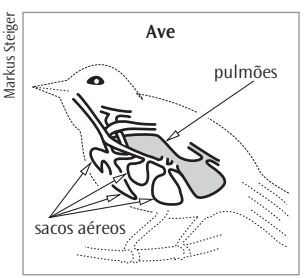
Os pulmões podem ser saculiformes ou parenquimatosos. Os primeiros aparecem pela primeira vez nos **anfíbios adultos**. Neles, os pulmões são simples "sacos" aéreos contendo pequena superfície de trocas gasosas. A relativa ineficiência dos pulmões quanto à superfície de trocas é compensada pela respiração efetuada pela pele umedecida (cutânea).



Os répteis apresentam um pulmão intermediário, ou seja, parenquimatoso rudimentar. Usam os músculos das costelas para aumentar a caixa torácica, bombeando o ar para dentro do pulmão.



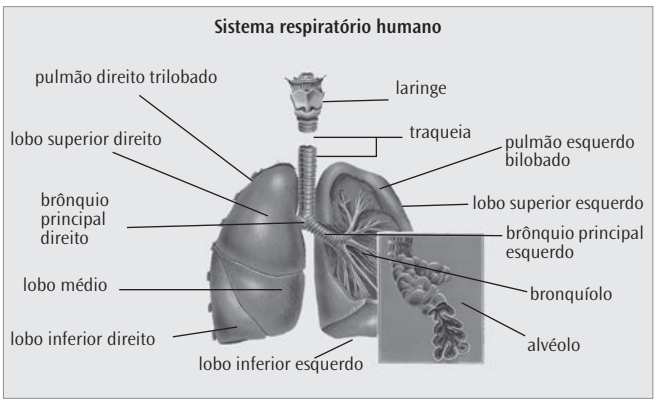
As **aves** possuem pulmões pequenos associados a sacos aéreos, a partir dos quais pequenos canais conduzem o ar até a interior de alguns ossos pneumáticos. Na base da traqueia, as aves possuem a siringe, órgão responsável pela emissão dos sons.



Os pulmões parenquimatosos atingem grande desenvolvimento nos mamíferos, encerrando milhões de alvéolos, que oferecem uma imensa superfície de trocas gasosas, entre o ar e o sangue.

Sistema respiratório humano

Douglas Moreno



Apresenta os seguintes órgãos:

Vias aéreas superiores: fossas nasais, faringe e laringe.

Vias aéreas inferiores: traqueia, brônquios, bronquíolos e pulmões parenquimatosos revestidos por uma membrana — a pleura.

O pulmão direito é dividido por dois sulcos em três partes denominadas lobos. O esquerdo é dividido por um sulco em dois lobos. A passagem da faringe para a laringe se faz pela glote, que é recoberta pela epiglote.

Na laringe situam-se as cordas vocais. Os movimentos de expansão e retração dos pulmões são passivos e estão na dependência do aumento ou da diminuição dos diâmetros horizontal e vertical da caixa torácica.

Essas variações são controladas por nervos do sistema nervoso autônomo, que comandam as contrações dos músculos intercostais e do diafragma. O comando é involuntário.

Ventilação pulmonar

Ventilação pulmonar são as trocas gasosas que ocorrem entre o ar atmosférico e os alvéolos pulmonares, e é realizada por dois processos: a inspiração e a expiração.

Inspiração: é a entrada de ar nos pulmões. Para que ocorra, o diafragma — músculo que separa o tórax do abdome — se contrai e abaixa. Os músculos intercostais se contraem e elevam as costelas, aumentando o volume da caixa torácica e diminuindo a pressão no interior dos pulmões, que se dilatam provocando a entrada do ar.

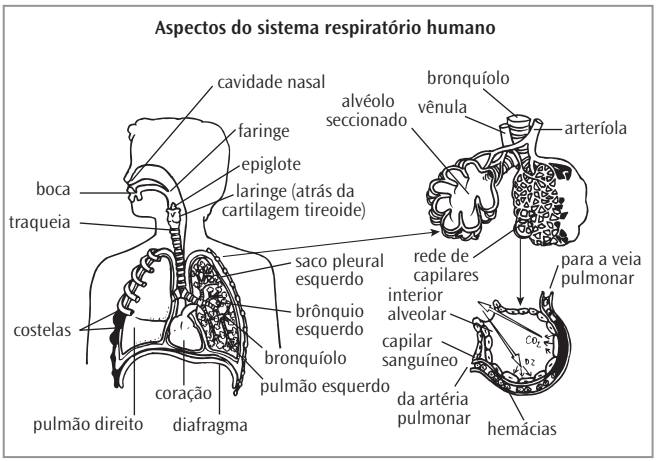
Expiração: é a saída do ar dos pulmões, o processo inverso ao da inspiração. O diafragma e os músculos intercostais relaxam. Diminui o espaço da caixa torácica, aumenta a pressão no interior dos pulmões, e o ar é expelido.

Ao conjunto da inspiração e expiração dá-se o nome de movimento respiratório, e frequência respiratória é o número de movimentos respiratórios por minuto. A frequência humana é da ordem de 18 por minuto.

As trocas gasosas, no que tange os alvéolos pulmonares (hematose), ocorrem em função das diferenças de pressão parcial de O_2 e de CO_2 no sangue e no ar alveolar. Também pelo mesmo mecanismo observam-se as trocas gasosas dos capilares, nos tecidos.

O oxigênio é transportado pelo sangue, quase que integralmente no interior das hemáceas, combinado com a hemoglobina (Hb), formando a oxiemoglobina:

Glória Costa



Nesta imagem, veem-se diversos aspectos (macroscópicos e microscópicos) do sistema respiratório humano. À direita, representação da hematose.

$$O_2 + \text{hemoglobina} \underset{\text{pulmões}}{\overset{\text{tecidos}}{\rightleftharpoons}} \text{oxiemoglobina}$$

Já o CO_2 é transformado pelo sangue sob a forma de íons carbonato (HCO^-_3) ligados à hemoglobina ou dissolvidos no plasma. Cerca de 70% do CO_2 são transportados sob a forma de íons bicarbonato. Nesse caso, o CO_2 liberado pelas células entra no interior das hemácias e, sob ação da enzima anidrase carbônica, reage com H_2O, formando ácido carbônico (H_2CO_3).

O ácido carbônico dissocia-se em íons H^+ e íons HCO^-_3 que são liberados no sangue. O CO_2 transportado sob a forma de íons carbonato é de fundamental importância para a manutenção do equilíbrio ácido básico do sangue.

Cerca de 25% de CO_2 são transportados, ligados à hemoglobina, formando a carboemoglibina, um composto instável que, ao chegar aos pulmões, dissocia-se rapidamente, liberando gás carbônico (CO_2). Cerca de 5% são dissolvidos no plasma.

Sistema cardiovascular

É o sistema encarregado de transportar substâncias pelo corpo, tais como: O_2, CO_2, nutrientes, excretas, hormônios etc. Possibilita também a manutenção do equilíbrio hidrossalínico do organismo, a defesa do organismo pelas atividades leucocitárias, transporte de anticorpos e a conservação da temperatura nos homeotérmicos.

Tipos de sistemas cardiovasculares

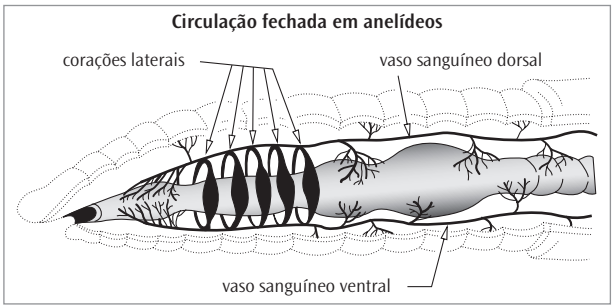
Aberto ou lacunar: presente nos moluscos e artrópodes. Neste sistema, não existem capilares. O sangue deixa o vaso próximo à cabeça, caindo em lacunas ou hemoceles (espaços existentes entre os órgãos), onde passa a circular livremente em contato direto com os tecidos, sendo recolhido na região posterior do corpo pelo mesmo vaso lacunoso dorsal. Assim, o sangue retorna ao meio intravascular.

Markus Steiger

O sangue circula ora dentro de vasos, ora fora deles.

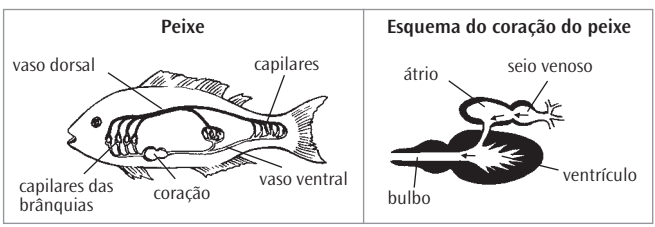
Fechado: Presente nos anelídeos, moluscos cefalópodes e vertebrados. O sangue circula estritamente dentro de vasos. Os vasos ramificam-se por todo o corpo, originando capilares finos que permitem as trocas gasosas e metabólicas entre o sangue e as células. É um processo mais rápido e eficiente.

Markus Steiger



Circulação fechada simples: Presente nos peixes, com exceção dos peixes dipnoicos. Ocorre quando um único tipo de sangue passa pelo coração. O coração é dotado de apenas duas câmaras (um átrio e um ventrículo). O átrio recebe sangue venoso, que é bombeado pelo ventrículo até as brânquias, onde ocorre a hematose, transformando-se em sangue arterial.

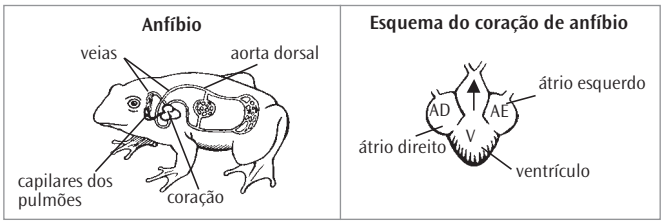
Fabiana Fernandes



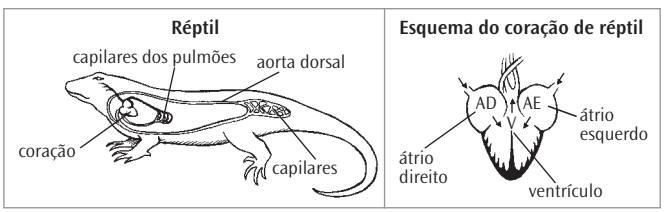
Circulação fechada dupla: Ocorre quando o sangue passa duas vezes pelo coração num circuito completo pelo corpo. É mais vantajosa, pois bombeia o sangue para o corpo com maior pressão.

Circulação dupla incompleta: Presente nos peixes dipnoicos, anfíbios e répteis. Ocorre quando existe apenas um ventrículo, e o sangue arterial mistura-se com o venoso no coração.

Fabiana Fernandes

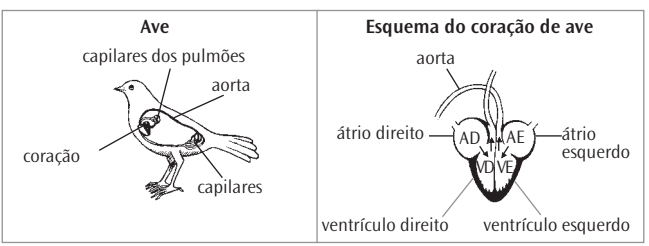


Fabiana Fernandes

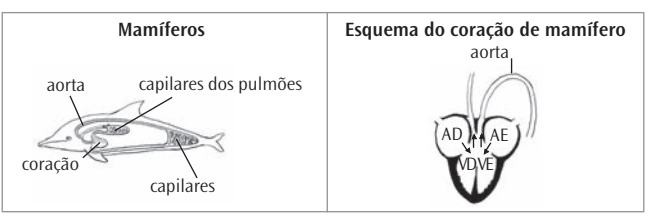


Circulação dupla completa: Presente nos homeotérmicos (aves e mamíferos). O coração é dotado de quatro câmaras completamente divididas, que garante uma eficiente oxigenação dos tecidos, contribuindo para o alto metabolismo celular das aves e dos mamíferos.

Fabiana Fernandes



Fabiana Fernandes



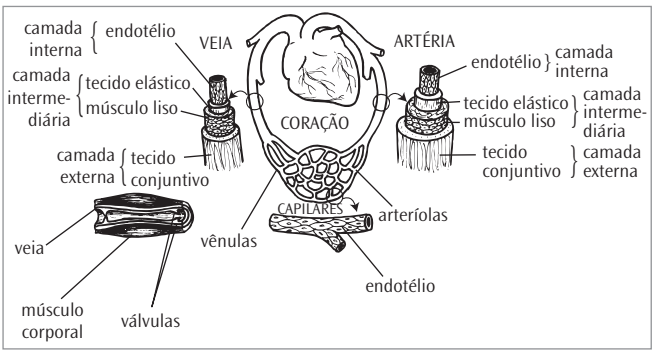
Vasos sanguíneos (tipos e características)

Artérias: vasos eferentes em relação ao coração. Transportam sangue do coração para os tecidos; são dotadas de uma parede musculosa e espessa, bastante elástica e com pulsações.

Veias: vasos aferentes em relação ao coração. Transportam sangue dos tecidos para o coração. Suas paredes são finas e pouco elásticas, com válvulas internas que impedem o refluxo do sangue.

Capilares: vasos de calibre fino e permeáveis.

Glória Costa



Artérias e veias apresentam algumas diferenças, apresentadas no esquema acima, que também mostra a fina parede capilar, por onde ocorrem as trocas entre o sangue e os tecidos.

Circulação humana: A circulação humana pode ser definida como fechada, dupla e completa, igual em todos os mamíferos.

Coração: É um órgão musculoso e oco, situado no tórax entre os pulmões, voltado para o lado esquerdo. A musculatura dotada de movimentos é o miocárdio. O miocárdio é revestido externamente por uma membrana serosa – o pericárdio –, e internamente pela membrana serosa endocárdio.

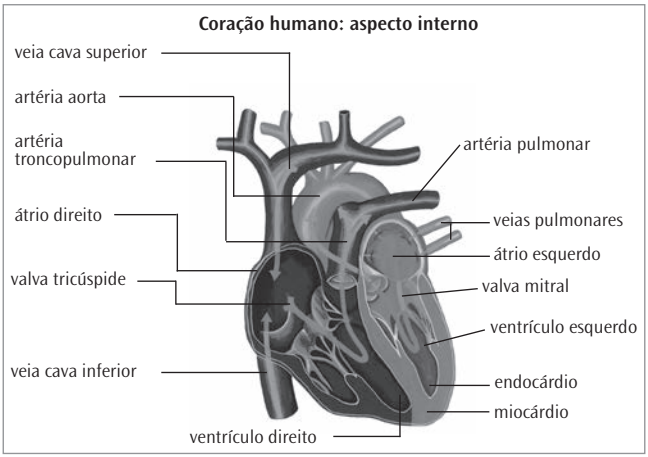
O coração apresenta quatro cavidades: duas aurículas ou átrios e dois ventrículos. A aurícula direita comunica-se com o ventrículo direito pela valva tricúspide, e a aurícula esquerda comunica-se com o ventrículo esquerdo por meio da valva mitral.

Movimentos do coração

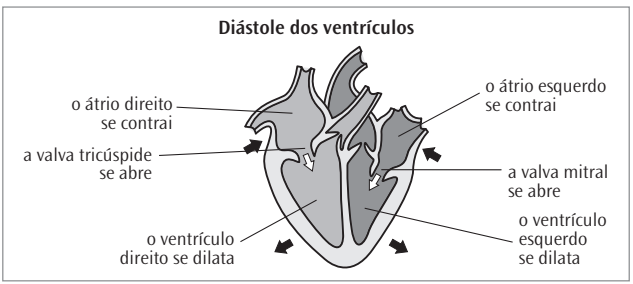
Diástole: o miocárdio se relaxa, e o coração enche de sangue.

Sístole: o miocárdio se contrai, e o sangue é expulso do coração.

Markus Steiger



Markus Steiger


Diástole dos ventrículos
o átrio direito se contrai
a valva tricúspide se abre
o ventrículo direito se dilata
o átrio esquerdo se contrai
a valva mitral se abre
o ventrículo esquerdo se dilata

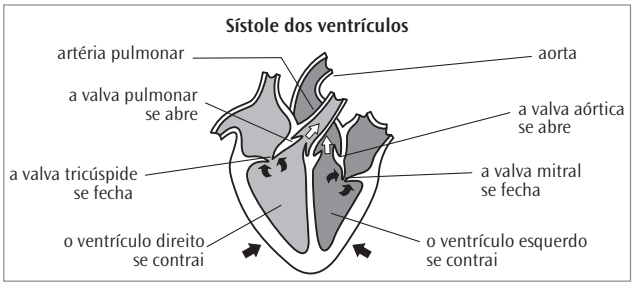
Os átrios direito e esquerdo se contraem, forçando a passagem do sangue para os ventrículos, que ainda estão relaxados.

Os ventrículos se contraem, forçando a passagem do sangue para os pulmões, para oxigenação, e pela aorta, para os tecidos do corpo.

Os movimentos de diástole e sístole recebem o nome de batimentos cardíacos. Na espécie humana, a frequência cardíaca é de 70

a 80 pulsações por minuto. Cada pulsação é capaz de bombear cerca de 60 mililitros de sangue. Em um minuto bombeia 5 litros de sangue.

Markus Steiger


Sístole dos ventrículos
artéria pulmonar
aorta
a valva pulmonar se abre
a valva aórtica se abre
a valva tricúspide se fecha
a valva mitral se fecha
o ventrículo direito se contrai
o ventrículo esquerdo se contrai

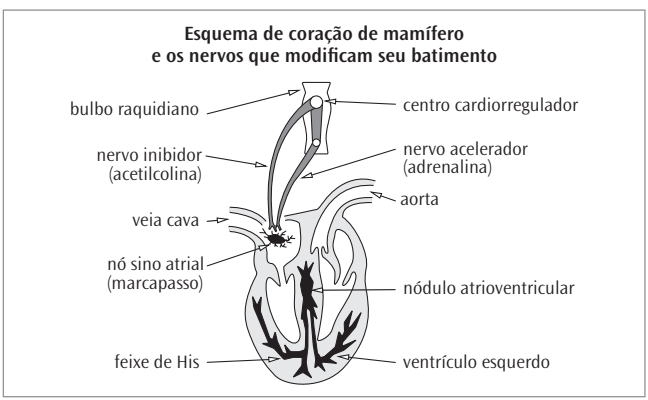
Batimentos do coração

O coração é um órgão autoestimulável, o seu ritmo é controlado pelo sistema nervoso central, através do bulbo (centro cardiorrespiratório).

Quando o nervo vago, sob o comando do bulbo, libera o hormônio acetilcolina, o ritmo do coração diminui (bradicardia); quando libera o hormônio adrenalina, o ritmo aumenta (taquicardia).

O ponto de origem de todos os estímulos que determinam os movimentos cardíacos situa-se no nó sinoatrial ou marcapasso, situado no átrio direito, e no módulo atrioventricular.

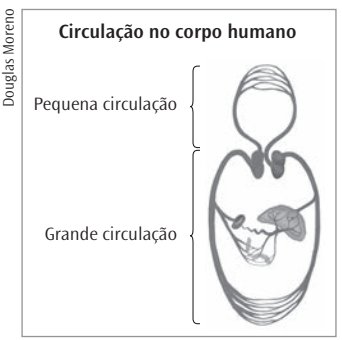
Markus Steiger



A pequena e a grande circulação

Pequena circulação ou circulação pulmonar é a que se estabelece entre o coração e os pulmões; tem a função de promover a oxigenação do sangue.

Grande circulação ou circulação sistêmica é a que se estabelece entre o coração e todos os tecidos do corpo; sua função básica é distribuir oxigênio e nutrientes para todas as células vivas, bem como recolher o CO_2 e os excretas.



Caminho do sangue

O sangue chega ao coração vindo de todas as partes do organismo, pelas veias cavas superiores e inferiores, e desemboca no átrio direito; passa para o ventrículo direito pela valva tricúspide. Com a contração dos ventrículos (sístole), o sangue sai pela artéria pulmonar, indo até os pulmões, onde ocorre a hematose; volta ao coração pelas veias pulmonares (em número de quatro), que desembocam no átrio esquerdo, e sai pela artéria aorta, sendo distribuído para todo o organismo.

Sistema urinário e osmorregulação

Com função de eliminar resíduos de origem celular e de manter a regulação osmótica, isto é, o equilíbrio dos fluidos corpóreos, o sistema urinário filtra as impurezas do organismo.

Vimos que os alimentos sofrem hidrólise enzimática ao longo do tubo digestório, no qual nutrientes são reabsorvidos e transportados para todas as células, que os utilizam e os transformam em energia. De toda atividade celular, sobram subprodutos que devem ser eliminados, pois se tornam inúteis para as células. Constituem produtos de excreção: água, sais, dióxido de carbono e excretas nitrogenados.

Do metabolismo dos carboidratos (açúcares) e dos lipídios (gorduras) sobram CO_2 (dióxido de carbono) e água. O dióxido de carbono é eliminado pela respiração, e a água é eliminada pela urina, pelo suor, ou por meio de expiração na forma de vapor. Da digestão das proteínas, sobram CO_2, água e produtos nitrogenados tais como: amônia, ácido úrico ou ureia, pois são formados por aminoácidos, os quais possuem um agrupamento amina (NH_2).

Amônia: eliminada praticamente por todos os invertebrados e pelos peixes ósseos; de grande toxidade, mas altamente solúvel em água. Os seres que eliminam amônia são denominados aminiotélicos.

Ureia: eliminada pelos peixes cartilaginosos, anfíbios, tartarugas e mamíferos. Menos tóxica que a amônia, pode ser acumulada temporariamente no corpo; sua eliminação ocorre com menor perda de água. Os animais que eliminam ureia são denominados ureotélicos.

Ácido úrico: eliminado pelos insetos, répteis (lagartos e cobras) e aves. Pouco tóxico e insolúvel em água, o ácido úrico contribui para a oviparidade, possibilitando a vida dentro de um ovo, graças à sua insolubilidade em água. É eliminado junto com as fezes, na forma de uma pasta concentrada. Os animais que eliminam ácido úrico são denominados uricotélicos.

Excreção nos animais invertebrados

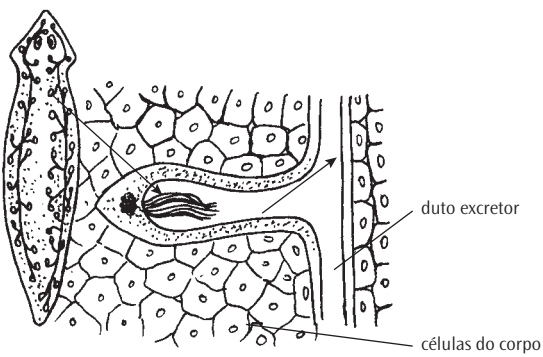
Pode ocorrer pela superfície do corpo ou por sistemas excretores especiais.

Poríferos, cnidários: os resíduos são eliminados pela superfície do corpo por difusão.

Platelmintos: Células-flamas ou solenócitos, ou ainda protonefrídios. As células-flamas retiram os excretas presentes no líquido intracelular e elimina-os através de ductos que se abrem em poros na superfície.

Fabiana Fernandes

Célula-flama de uma planária

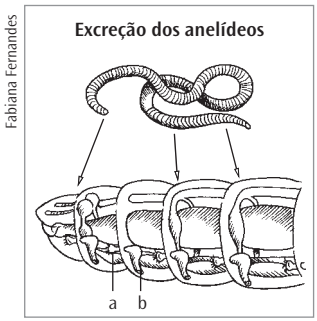


As setas indicam a direção do fluxo das substâncias excretadas.

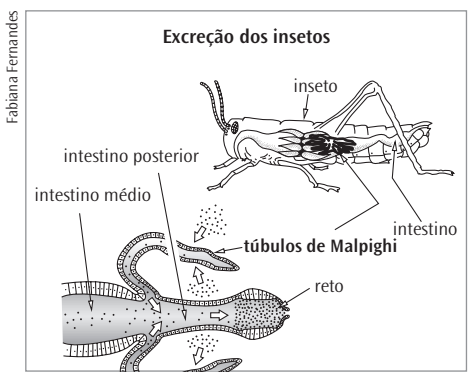
Anelídeos e moluscos: o sistema urinário é formado por um conjunto de nefrídeos, estruturas em forma de funil, com cílios em uma das extremidades. Os cílios sugam os excretas do líquido celomático e são eliminados para o meio externo por intermédio dos nefridiósporos.

Insetos e aracnídeos: a excreção é feita pelos túbulos de Malpighi. Essas estruturas retiram os excretas do sangue e os transportam até o intestino, nos quais se misturam com as fezes e são eliminados junto com elas.

Crustáceos: a excreção é feita pelas glândulas verdes, situadas na porção ventral da cabeça. Essas glândulas coletam os excretas do sangue e eliminam-nos para o exterior por meio de poros existentes na superfície do corpo.



O corpo segmentado de um anelídio (minhoca), mostrando seus nefrídios. Repare que cada nefrídio tem um pavilhão ou funil ciliado (nefróstoma) (a), do qual parte um duto que se abre para o exterior por um orifício (nefridióporo) (b), no anel seguinte do corpo do animal.



Os túbulos de malpighi são estruturas excretoras de inseto. Eles não possuem nefróstomas: aberturas de entrada.

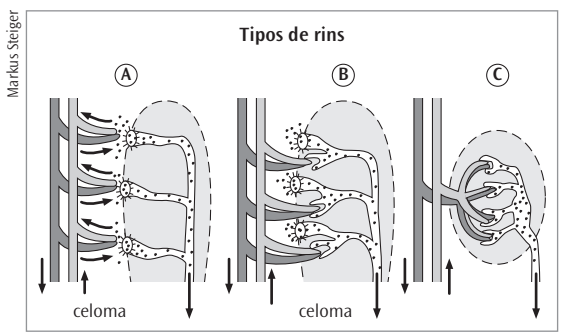
Tipos de rins

Nos vertebrados, os rins são os órgãos encarregados da excreção. Existem três tipos de rins.

1. **metanefro**: situados no abdome, são formados por glomérulos; estão presentes nos répteis, nas aves e nos mamíferos adultos.

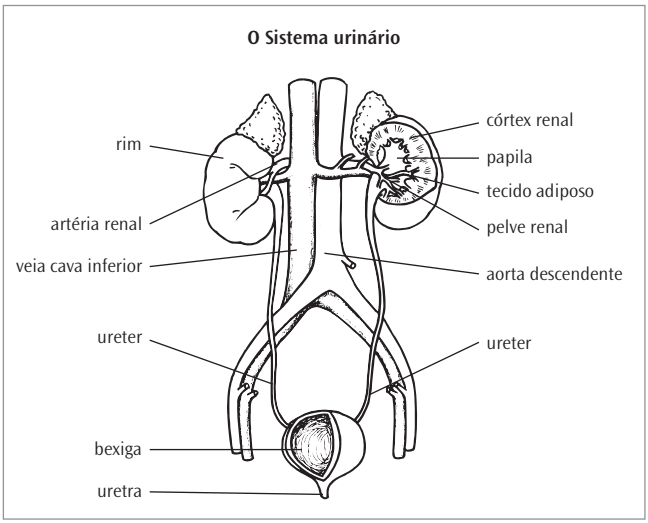
2. **mesonefro**: situados na região torácica, formados por néfrons tubulares, ocorrem nos peixes e anfíbios adultos, em embriões de répteis, de aves e de mamíferos.
3. **pronefro**: constituídos apenas de néfrons tubulares, localizam-se na posição cefálica. Presentes nos agnatos e nos embriões de todos os vertebrados.

Os rins são órgãos que se assemelham ao formato de feijões, envolvidos por uma cápsula fibrosa junto à parede do abdome, localizados um de cada lado da coluna vertebral. A artéria renal chega aos rins e a veia renal sai dos rins, pela parte côncava deles.



Ⓐ **Rins pronefros:** segmentados, situados anteriormente na cavidade do corpo, com nefróstomas abrindo-se no celoma.
Ⓑ **Rins mesonefros:** segmentados, desenvolvendo-se na região média do corpo, dotados de nefróstomas e de glomérulos.
Ⓒ **Rins metanefros:** não segmentados, localizados na região posterior do tronco, sem nefróstomas, ricos em glomérulos.

Glória Costa



O sistema urinário humano é formado por 2 rins, 2 ureteres, bexiga e uretra.

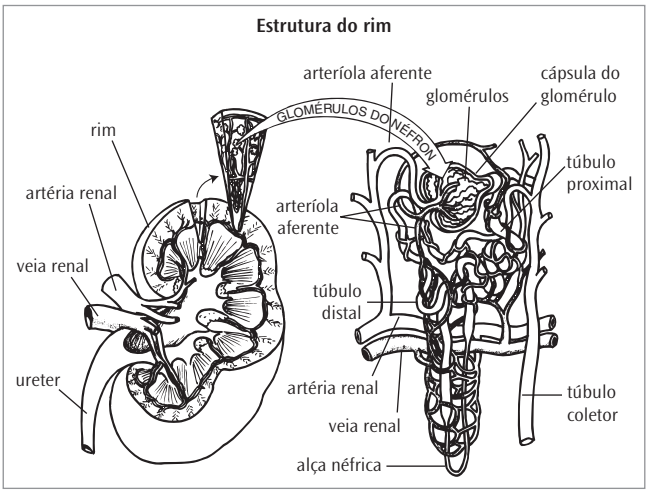
O rim humano possui cerca de um milhão de glomérulos renais. Cada glomérulo faz parte de um néfron; cada néfron inicia-se por uma estrutura em forma de cálice, denominada cápsula do glomérulo, por onde penetra a arteríola aferente (ramificação da artéria renal).

No interior da cápsula, a arteríola ramifica-se e organiza um emaranhado de vasos denominado glomérulo renal.

Desse emaranhado emerge a arteríola eferente, que abandona o glomérulo.

Completando a estrutura de néfrons, há os túbulos proximal e distal, entre os quais fica a alça néfrica.

Glória Costa



Formação da urina

A pressão do sangue ao nível do glomérulo força a ultrafiltração do plasma. O líquido que passa para a cápsula do glomérulo é o filtrado glomerular, que possui alto teor de água, sais, glicose, aminoácidos, vitaminas e excretas nitrogenados.

No trajeto pelos túbulos, ele sofrerá a reabsorção tubular. Mais de 95% de água serão reabsorvidos, juntamente com a glicose, as vitaminas, os aminoácidos e parte dos sais. O líquido que chega aos túbulos coletores já é a urina.

A reabsorção tubular é altamente incentivada pelos hormônios: a aldosterona (do córtex da suprarrenal) estimula o transporte de íons de sódio de volta ao sangue, e o hormônio ADH (antidiurético) fabricado pelo hipotálamo é liberado pela neuro-hipófise, facilitando o transporte de água por osmose.

Osmorregulação

A osmorregulação é um dos mecanismos de homeostase.

Homeostase é a constância ou preservação das condições físico-químicas internas dos seres vivos. Dos protozoários ao ser humano, encontramos sistemas que regulam o pH, a concentração osmótica, a composição química e o estado coloidal do protoplasma celular, evitando que se alterem com as variações do meio ambiente.

Equilíbrio hidrossalínico de alguns vertebrados

Peixes ósseos marinhos eliminam o excesso de sais pelas brânquias (transporte ativo).

Peixes cartilaginosos marinhos aumentam a concentração de ureia em seu sangue; dessa forma a concentração do sangue se assemelha à da água.

Peixes de água doce, como o meio interno é hipertônico em relação ao meio externo, eliminam grande quantidade de urina, perdendo muitos sais pela urina. Todavia, absorvem sais pelas brânquias (transporte ativo).

Répteis dispõem de glândulas especiais, localizadas junto à cabeça, próxima aos olhos, por onde excretam o excesso de sais.

Seres eurealinos são os seres que suportam e adaptam-se às variações de salinidade do ambiente. Exemplo: salmão, truta, robalo passam do mar para os rios na época da desova. A enguia passa do rio para o mar.

Seres estenoalinos não conseguem suportar variações de salinidade muito altas; morrem ao passar de um ambiente para outro.

Reprodução

Reprodução é o processo pelo qual as espécies se perpetuam na face da Terra. Existem dois tipos básicos de reprodução: assexuada e sexuada. Na reprodução assexuada, são produzidos descendentes idênticos ao genitor. Já na reprodução sexuada, o novo ser resulta da combinação de gametas, o que permite a combinação de genes. Isso resulta em descendentes geneticamente diferentes de outros da mesma espécie.

Reprodução assexuada

Vejamos agora alguns tipos de reprodução assexuada:

Divisão binária ou cissiparidade ou bipartição

Reprodução assexuada, comum nos seres unicelulares.

A célula é o próprio organismo; divide-se em duas partes iguais, que passam a ser novos organismos. A grande maioria de bactérias, protozoários e algas unicelulares reproduzem assexuadamente por divisão binária.

Divisão múltipla

É o processo de reprodução assexuada em que um organismo se divide em várias partes, e cada uma delas se desenvolve em um novo indivíduo. Esse processo pode ocorrer em organismos unicelulares ou pluricelulares. A divisão múltipla pode ser subdividida em esporulação, estrobilização, brotamento (ou geniparidade).

1. Esporulação

A reprodução ocorre pela liberação de esporos e, quando estes encontram condições favoráveis a sua germinação, desenvolvem-se em novos organismos. Esporos são células haploides, independentes, que germinam sem ser fecundados.

2. Estrobilização

Consiste numa fragmentação transversal, que ocorre em animais pluricelulares, como os celenterados ou cnidários, nos quais o pólipo — forma fixa do animal – se estrobiliza, e cada parte que se destaca forma um novo ser.

3. Brotamento ou geniparidade

Consiste no aparecimento de brotos ou gêmulas na superfície do corpo de alguns organismos, que podem ou não se destacar do corpo parental.

Quando esses brotos se mantêm ligados, constituem uma colônia, e quando se destacam, dão origem a indivíduos independentes. Comum em poríferos.

Regeneração

Consiste em regenerar partes perdidas do corpo ou, a partir de partes do corpo, formar um novo indivíduo. Comum nas planárias e equinodermos.

Partenogênese

Consiste no desenvolvimento embrionário do óvulo sem que ocorra fecundação. Os indivíduos resultantes são haploides. Nas abelhas, os ovos fecundados originam sempre fêmeas, e os não fecundados originam sempre machos, conhecidos como zangões. Portanto, todos os machos entre as abelhas são partenogenéticos.

Reprodução sexuada

Ocorre na maioria dos grupos de seres vivos da face da Terra. Envolve mistura de genes, recombinações gênicas e fecundação. Na reprodução sexuada, o número de descendentes em geral é menor do que na reprodução assexuada, mas existe uma grande vantagem evolutiva, que permite arranjos de material genético, aumentando a variabilidade de caracteres dos indivíduos em uma população. Isso pode conferir-lhes o poder de adaptação ao meio.

Sistemas genitais

A estrutura dos sistemas reprodutores é semelhante na classe dos vertebrados. Tomaremos como exemplo o sistema genital humano.

Sistema genital feminino

O sistema genital feminino é constituído de ovários, tubas uterinas, útero, vagina.

Ovários: são as gônadas femininas ou glândulas sexuais femininas. Em número de dois, localizados no interior da cavidade pélvica. Cada ovário é constituído por duas partes: uma mais interna — a medular —, que contém grande quantidade de vasos sanguíneos; e uma parte externa ou cortical, em que podem ser vistos os folículos de Graaf, constituídos por células foliculares que envolvem os ovócitos — células que, ao amadurecer, darão origem aos óvulos.

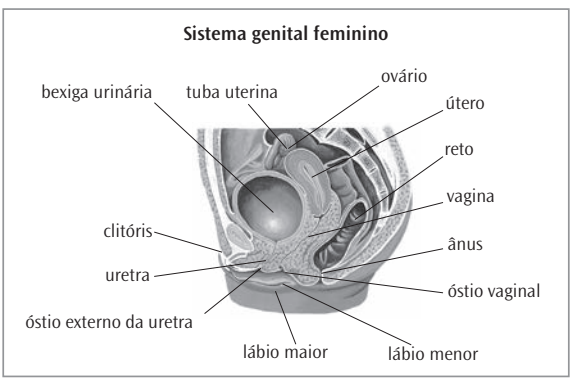
Além de produzir os óvulos, os ovários produzem os hormônios estrógeno e progesterona.

Tubas uterinas: ductos que servem como ponte de ligação entre os ovários e o útero; é no interior delas que ocorre a fecundação, ou seja, a fusão do óvulo com o espermatozoide.

Útero: órgão muscular cuja função é alojar o embrião, permitindo que ele se desenvolva até o nascimento.

Vagina: canal de comunicação com o meio externo, recebe o pênis durante o ato sexual, e é através do canal da vagina que a criança sai no momento do parto. A abertura da vagina, juntamente com a abertura da uretra, são protegidos pelos pequenos e grandes lábios – dobras da pele. A região de abertura recebe o nome de vulva ou pudendo feminino.

Douglas Moreno



Ovulogênese

Ovulogênese é a formação do gameta feminino, o óvulo, que é uma célula geralmente esférica, com membrana protetora ou membrana vitelina. Armazena no citoplasma substâncias nutritivas, tais como lipídios e proteínas destinadas a nutrir o futuro embrião. Essas substâncias nutritivas são denominadas vitelo ou plasma nutritivo. O núcleo ou vesícula germinativa e a mancha germinativa ou nucléolo ovular compreendem três fases:

1. Fase de multiplicação

Tem início na vida embrionária da menina a partir de células diploides, que por mitose realizam a produção de ovogônias, células precursoras dos óvulos. A produção de ovogônias inicia-se e encerra-se nessa fase.

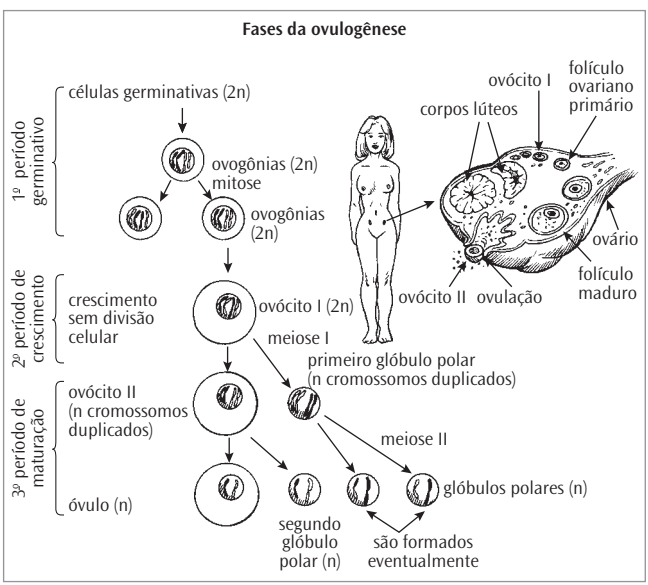
2. Fase de crescimento

As ovogônias crescem e se transformam em ovócitos primários, ou de primeira ordem ou cito I. Os ovócitos são diploides, e essa fase dura até aproximadamente entre 7 e 8 meses de vida do embrião, o que justifica o seu tamanho, cerca de 1.000 vezes maior que o espermatozoide.

3. Fase de maturação

Inicia-se por volta dos 8 meses de vida do embrião; os ovócitos primários iniciam a primeira divisão da meiose, até a prófase I, paralisando sua divisão nessa etapa, e permanece assim até a puberdade.

Fabiana Fernandes



Esse esquema mostra as fases da ovulogênese e como esse processo ocorre no ovário em cada ciclo menstrual (do ovócito I até a liberação do ovócito II, processo denominado ovulação). No ovário, cada ovócito está contido em um folículo. A cada ciclo menstrual, um desses folículos inicia a maturação, formando o ovócito II. O folículo, depois que eliminou o ovócito II, transforma-se no corpo lúteo (ou corpo amarelo), que secreta hormônios relacionados ao ciclo menstrual. Depois, o corpo lúteo regride. Todo esse processo é controlado pelos hormônios estrógeno, progesterona e outros.

Na puberdade, sob estímulos hormonais, os ovócitos I — que paralisaram suas divisões ainda na gestação da criança — dão continuidade às divisões, completando a primeira divisão da meiose. Cada ovócito primário produz duas células haploides de tamanhos diferentes: o ovócito secundário (maior) e o glóbulo polar (menor). Ocorrendo a segunda divisão da meiose (se houver fecundação), o ovócito secundário dá origem a duas células haploides, também de tamanhos diferentes: a maior denomina-se óvulo, e a menor, segundo glóbulo polar. Os glóbulos polares são degenerados.

Sistema genital masculino

O sistema genital masculino é constituído pelos órgãos descritos a seguir.

Testículos: são duas glândulas localizadas no interior de uma dobra de pele, denominada saco escrotal. Os testículos são constituídos por um emaranhado de finíssimos túbulos denominados seminíferos, no interior dos quais os espermatozoides são produzidos.

O hormônio masculino testosterona, responsável pelo desenvolvimento dos caracteres sexuais masculinos, é fabricado nos testículos pelas células intersticiais (ou células de Leydig).

Epidídimos: partem dos túbulos seminíferos e têm um calibre maior; sua função é armazenar temporariamente os espermatozoides.

Canal deferente: parte dos epidídimos, tem um calibre maior e passa pelas virilhas; em seguida atravessa a cavidade abdominal, contorna a base da bexiga, sofre uma dilatação denominada ampola — na qual recebe o líquido seminal fabricado pela glândula seminal. Em seguida, atravessa a próstata, recebendo o líquido prostático, e vai eliminar o esperma ou sêmen (conjunto dos espermatozoides e dos líquidos seminal e prostático) pela uretra.

Glândulas seminais: também são em número de duas, localizam-se ao lado da próstata; contribuem para a formação do sêmen, pois fabricam o líquido seminal.

Próstata: glândula produtora de secreção que faz parte da composição do esperma e é lançada no ducto ejaculador, que é uma continuação do canal deferente e desemboca na uretra.

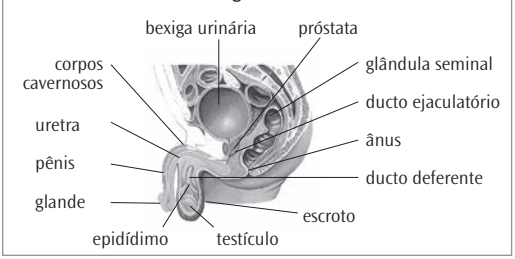
Glândulas bulbouretrais: sob a ação dos estímulos sexuais, produz um muco de consistência lubrificadora que tem por finalidade auxiliar no ato sexual.

Uretra: canal comum aos sistemas urinário e reprodutor. Inicia-se na bexiga urinária, atravessa a próstata e o pênis, recebendo as secreções das glândulas bulboretais, os espermatozoides e os fluidos prostáticos e seminais que formam o esperma ou sêmen. Durante o ato sexual sofre intensos movimentos peristálticos, projetando o esperma para fora. É o processo da ejaculação.

Pênis: é o órgão copulador masculino. Abriga grande parte da uretra, o corpo esponjoso e o corpo cavernoso. Quando estimulado, ocorre dilatação das artérias e grande quantidade de sangue fica retida nos tecidos esponjosos, fazendo com que o pênis aumente seu volume, tornando-se rijo e ereto.

Douglas Moreno

Sistema urogenital masculino



Espermatogênese

Espermatogênese é a formação do gameta masculino, espermatozoide. Trata-se de uma célula minúscula, altamente especializada, com formato hidrodinâmico, cujas características constituem adaptações que facilitam sua locomoção em meio líquido.

A cabeça, parte volumosa da célula, é formada pelo núcleo, o qual se encontra envolvido por uma fina camada de citoplasma. Na parte anterior da cabeça, há uma bolsa cheia de enzimas digestivas, originada do complexo golgiense, denominada acrossomo, cuja função é perfurar o óvulo no momento da fecundação. Após a parte intermediária, existe o flagelo, cujos movimentos permitem a locomoção dos espermatozoides até o gameta feminino. Sua formação compreende quatro fases.

1. Fase germinativa ou de multiplicação

Células germinativas, diploides, precursoras dos espermatozoides, dividem-se por mitose, originando as espermatogônias, que são células diploides. No sexo masculino, a fase de multiplicação pode ocorrer durante toda a vida do indivíduo.

2. Fase de crescimento

É uma fase rápida, em que as espermatogônias tornam-se maiores, passando a denominar-se espermatócito I, ou de primeira ordem, ou simplesmente cito I. Até essa fase de crescimento, as células são diploides.

3. Fase de maturação

Os espermatócitos de primeira ordem passam por meiose, originando quatro células haploides, que podem apresentar caracteres diferentes devido à ocorrência de *crossing-over* e permutas gênicas no início da divisão I da meiose. Na primeira divisão meiótica, cada espermatócito de primeira ordem origina dois espermatócitos de segunda ordem — ou cito II — que já são células haploides. Na segunda divisão da meiose, cada espermatócito II origina duas células haploides, denominadas espermátides.

4. Fase de diferenciação ou espermiogênese

Cada espermátide sofre grandes transformações, dando origem aos espermatozoides.

Funções de relação

Órgãos dos sentidos

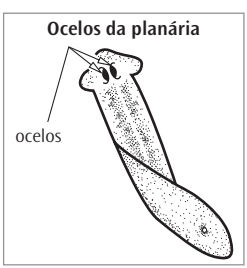
Por meio dos órgãos dos sentidos os animais são capazes de relacionar-se com os ambientes externos e internos do corpo.

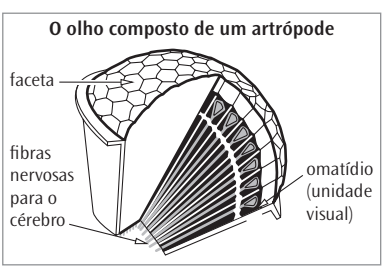
É possível distinguir estímulos sonoros, luminosos, odoríferos, gustativos e dolorosos. A sensibilidade que permite identificar todas essas variações deve-se à múltipla variedade de neurônios presente no cérebro, e cada um reage de forma diferente quando estimulado. Na percepção dos sentidos, atuam neurônios receptores, condutores e transformadores. O conjunto de receptores responsáveis pelas funções de relação é também chamado de sistema sensorial.

Visão

Nos animais superiores, os receptores da visão são os olhos. Em invertebrados distinguem-se olhos simples (ocelos) e olhos compostos (formados por numerosos omatídios).

Markus Steiger

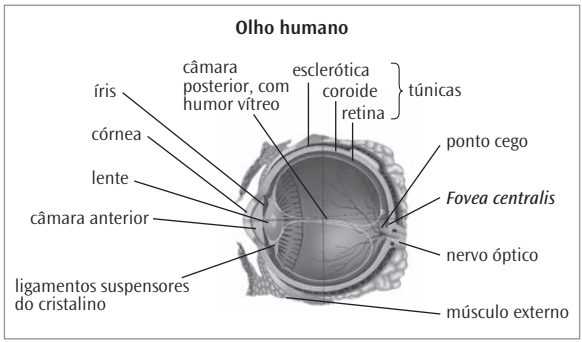




O olho humano é formado pela superposição de três envoltórios: a **esclerótica** (branco do olho), que na sua parte anterior é transparente e saliente e recebe o nome de córnea; a **coroide**, parte intermediária e rica em vasos sanguíneos, responsáveis pela nutrição do olho. Na parte anterior da coroide, forma-se a **íris**, músculo pigmentado responsável pela cor do olho, com capacidade de se contrair e relaxar. No centro da íris, existe um

orifício denominado pupila, por onde a luz penetra no olho. Atrás da pupila, encontra-se a lente, lente biconvexa com alto poder de acomodação, proporcionada pela contração ou relaxamento dos músculos ciliares.

Douglas Moreno



A camada mais interna é a retina, que apresenta neurônios e células fotossensíveis. Na parte que fica dentro do globo ocular, existe uma região à qual chega a luz, denominada mácula lútea, em cujo centro está a *fovea centralis*.

Na mácula lútea, encontram-se células capazes de identificar estímulos luminosos: os cones e os bastonetes. Os cones encontram-se na *fovea centralis* e permitem perceber as cores. O bastonetes localizam-se na periferia da mácula lútea e percebem os contrastes entre claro e escuro, permitindo identificar imagens, mesmo em ambientes obscuros.

A formação da imagem

Até chegar à retina, a luz atravessa a pupila, o humor aquoso (líquido transparente localizado entre a córnea e a íris), a lente (que focaliza a imagem na *fovea centralis*) e o humor vítreo (líquido transparente, localizado entre o cristalino e a retina). A luz chega à retina, e suas células, estimuladas, enviam ao encéfalo os impulsos nervosos através do nervo óptico.

Alguns defeitos da visão

1. **Presbiopia** (vista cansada): Com a idade, o cristalino perde a capacidade de acomodação, dificultando a focalização dos objetos próximos. Essa dificuldade pode ser corrigida com lentes convergentes.
2. **Miopia**: Ocorre quando o bulbo ocular é mais longo que o normal. Em consequência, a imagem é focalizada antes da retina. O míope tem dificuldade de enxergar de longe. A correção dessa dificuldade pode ser feita com lentes divergentes. A hipermetropia é o inverso da miopia.
3. **Astigmatismo**: A curvatura defeituosa da córnea direciona os raios luminosos de maneira desigual, fazendo com que as imagens refletidas fiquem fora de foco. A correção dessa dificuldade pode ser feita com lentes cilíndricas.
4. **Daltonismo**: Incapacidade de identificar as cores, devido a uma deficiência genética. A dificuldade maior está nas cores vermelho e verde.

Audição

Praticamente a audição surgiu a partir dos vertebrados, e o órgão da audição é a orelha.

Em sua grande maioria, os invertebrados não possuem o sentido da audição; alguns apresentam órgãos mais relacionados ao equilíbrio do que à audição, e esses órgãos podem estar localizados no abdome, no tórax, nas patas. Alguns insetos produzem sons esfregando as patas contra as asas.

Audição nos vertebrados

Nos peixes, além da linha lateral que acusa vibrações da água e alguns sons emitidos por outros animais, os peixes apresentam o ouvido interno, o qual está mais relacionado ao equilíbrio do que à audição.

Nos vertebrados terrestres, a orelha possui a capacidade de amplificar os sons. Nos anfíbios, a membrana timpânica ou tímpano amplia o som e transmite as vibrações para o ouvido médio.

Nos répteis e nas aves, ocorre o mesmo processo que nos anfíbios. A diferença está mais na parte externa, pois os répteis e as aves já apresentam um pavilhão auditivo externo rudimentar, e o tímpano fica em uma depressão da cabeça: o ouvido médio.

Audição nos mamíferos

A orelha, que é o órgão receptor da audição, divide-se em três regiões: externa, média e interna.

A orelha externa é a formada pelo pavilhão e pelo canal auditivo externo. Mostra-se fechada internamente pelo tímpano.

A orelha média tem formato de caixa, contendo em seu interior três ossículos (martelo, estribo e bigorna) responsáveis pela propagação das vibrações do som, comunica-se com o ouvido interno e com a faringe, por intermédio da tuba auditiva.

A orelha interna parte de onde está situado o labirinto, abrange o vestíbulo (utrículo com três canais semicirculares) e a cóclea ou caracol. Nos canais semicirculares, encontram-se estruturas que permitem a percepção da posição do corpo (noção de equilíbrio). Na cóclea, estão presentes estruturas que permitem a percepção dos sons e ruídos, chamadas órgãos espinhais.

Do ventrículo, sai o nervo vestibular, que vai terminar no cerebelo. Da cóclea, sai o nervo coclear, que vai ao cérebro. Num certo ponto os dois se juntam e formam o nervo acústico.

Interpretação dos sons e ruídos

O som chega ao pavilhão auditivo, passa para o interior do canal auditivo externo e provoca vibração no tímpano. Os ossículos presentes no ouvido médio recebem essas vibrações e as transmitem à membrana da janela oval; daí as vibrações atingem a endolinfa (líquido que preenche os canais semicirculares). Em seguida, as vibrações da endolinfa excitam as células ciliadas sensitivas do órgão espinhal, de onde o nervo coclear se encarrega de transmitir os estímulos até o centro da audição, localizado nos lobos temporais do córtex cerebral, produzindo a sensação de som.

Olfato

O sentido do olfato é captado pelo epitélio olfativo, localizado na cavidade nasal. No epitélio olfativo, estão presentes quimiorreceptores capazes de perceber o estímulo provocado por moléculas ou partículas levadas pelo ar e depositadas sobre a superfície úmida da mucosa. Quando isso ocorre, as terminações nervosas presentes no epitélio geram impulsos nervosos, que são transmitidos aos centros cerebrais, onde são interpretados e se tornam conscientes. Graças ao olfato, os animais podem localizar alimentos, parceiros sexuais e predadores a distância. Em alguns invertebrados, como os insetos, os quimiorreceptores olfativos estão espalhados pelo corpo, e comumente localizam-se nas antenas.

Paladar ou gustação

O órgão sede é a língua. A gustação permite aos animais identificar substâncias pelo contato físico entre os receptores químicos e as substâncias a serem identificadas.

Os corpúsculos gustatórios responsáveis pela gustação encontram-se distribuídos pela língua; são as papilas gustatórias.

As papilas apresentam-se salientes na superfície da língua e são formadas por células epiteliais modificadas; apresentam também microvilosidades que reagem a diversos tipos de substâncias químicas e terminações nervosas.

As papilas gustatórias são de três tipos: caliciformes, fungiformes e filiformes.

As **caliciformes** apresentam um formato de cálice, localizam-se na base superior da língua e são sensíveis ao sabor amargo. As **fungiformes** encontram-se na superfície mediana da língua e são mais sensíveis aos sabores ácido, salgado e doce. As **filiformes** situam-se em toda a face superior da língua e têm função tátil.

São encontradas papilas gustatórias nas patas de certos insetos e nos tentáculos do polvo.

Tato

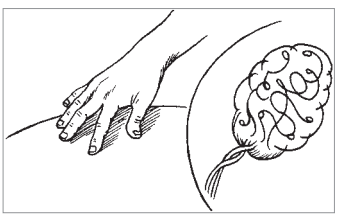
Os principais órgãos do tato são a pele e as mucosas.

Tanto a pele como as mucosas são dotadas de corpúsculos sensoriais, responsáveis pela percepção de calor, frio, dor e pressão.

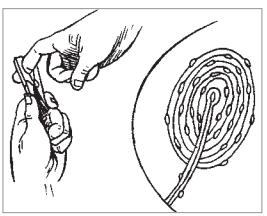
Nos invertebrados, os receptores tácteis são encontrados nos tentáculos dos celenterados e nas antenas dos artrópodes.

Nos seres humanos as terminações nervosas podem ser encontradas livres e são responsáveis pela percepção da dor. Já os corpúsculos sensoriais apresentam atividades específicas, como se nota nas imagens a seguir.

Fabiana Fernandes

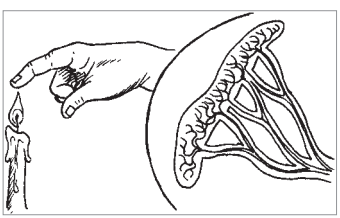


Os **corpúsculos de Meissner** são responsáveis pelo tato superficial.

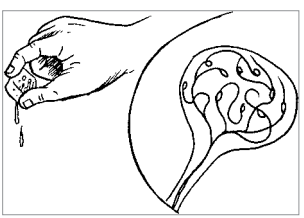


Os **corpúsculos de Vater-Paccini** são receptores da pressão.

Fabiana Fernandes



Os **corpúsculos de Ruffini** são responsáveis pela percepção do calor.



Os **corpúsculos de Krause** são responsáveis pela percepção do frio.

Sistema de sustentação

Ossos e músculos

Os vertebrados, de um modo geral, possuem um rígido sistema integrado, formado por ossos, músculos e articulações, responsáveis pelos seus movimentos, pela sua sustentação e também com finalidade de proteção, principalmente de órgãos internos.

Ossos são órgãos que constituem o esqueleto nos vertebrados (com exceção dos peixes cartilaginosos). São tecidos vivos que se desenvolvem junto com o animal, contribuindo para o aumento de tamanho do corpo, protegendo o sistema nervoso central e respondendo pela produção das células sanguíneas. O esqueleto pode ser de cartilagem – como o esqueleto provisório dos embriões ou os peixes condrictes – ou de ossos, como nos vertebrados.

Divide-se o esqueleto dos vertebrados em duas partes: axial e apendicular.

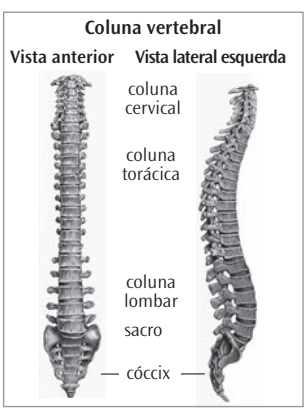
Esqueleto axial

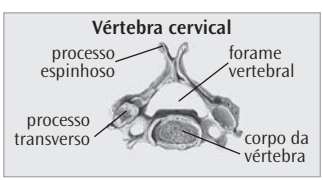
Constituído pelo crânio, coluna vertebral, costelas e esterno.

O crânio é uma caixa óssea ou cartilaginosa que protege principalmente os órgãos dos sentidos e o encéfalo. O crânio compreende o neurocrânio, que protege o encéfalo, e o esplancnocrânio, que forma a face.

A coluna vertebral é formada por ossos articulados denominados vértebras. Na espécie humana, há 33 vértebras, cada uma apresentando as seguintes partes: o corpo, os arcos e as apófises (prolongamentos das vértebras). Como as vértebras se dispõem umas sobre as outras, o conjunto de arcos neurais forma o canal vertebral, em cujo interior está a medula espinal.

Douglas Moreno

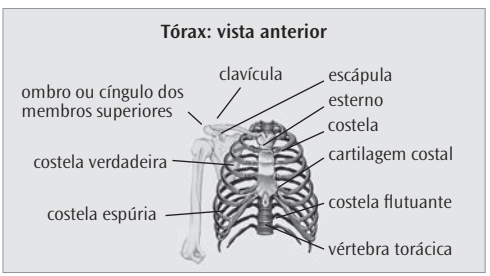




As **costelas** formam a caixa torácica. Nos seres humanos, são 12 pares.

Na parte posterior, as costelas prendem-se às apófises de coluna vertebral e, na parte anterior do tronco, os dez primeiros pares prendem-se ao esterno. Os dois últimos pares, chamados de costelas flutuantes, são livres.

Douglas Moreno



Esqueleto apendicular

Constituído pelo cíngulo dos membros superiores e pelo cíngulo dos membros inferiores.

O cíngulo dos membros superiores (ombro) é formado pelos ossos clavícula, escápula e corocoide.

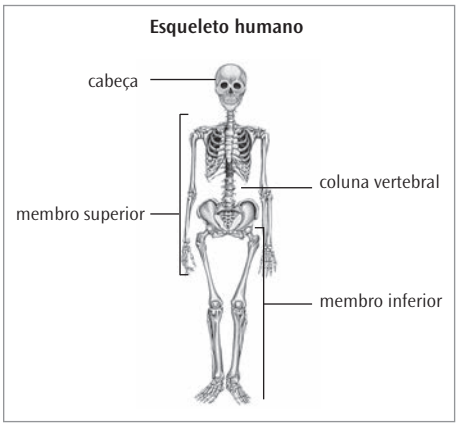
O cíngulo dos membros inferiores (bacia) é formado pelos ossos íleo, ísquio e púbis.

Nos vertebrados, os membros superiores dividem-se em braço, antebraço e mão. No braço, existe um único osso: úmero; no antebraço, dois ossos: rádio e o ulna (cúbito).

Na mão, estão os carpais, os metacarpais e as falanges.

Os membros inferiores dividem-se em coxa, perna e pé.

Douglas Moreno



Na coxa, há um único osso: fêmur; na perna, dois ossos: a tíbia e a fíbula (perônio); e no pé: o tarso, os metatarsianos e as falanges.

Músculos

Os músculos são formados por células geralmente alongadas, que apresentam em seu interior a proteína fibrila, responsável pelas contrações musculares. Os movimentos do corpo devem-se às contrações dos músculos.

A partir dos cnidários e nos demais invertebrados, devido à ausência de um esqueleto ósseo, os músculos são os únicos responsáveis pelos movimentos e já apresentam uma musculatura lisa e estriada.

Nos vertebrados, existem três tipos de músculos: liso, estriado esquelético e estriado cardíaco.

- **Musculatura não estriada**: de contração involuntária, encontrada nas paredes de órgãos ocos, como estômago, intestinos, vasos sanguíneos, entre outros.
- **Musculatura estriada esquelética**: prende-se ao esqueleto. Tem contrações voluntárias e rápidas.

- **Musculatura estriada cardíaca**: forma o miocárdio (musculatura intermediária e mais desenvolvida do coração) e é responsável pelos batimentos cardíacos. Apresenta discos intercalados que facilitam a passagem de estímulos de uma célula à outra.

Equilíbrio entre as funções

Homeostase

A harmonia e a eficiente integração dos sistemas que formam um organismo permitem a existência de uma vida em equilíbrio. Homeostase é, portanto, o equilíbrio dinâmico entre os sistemas de um organismo, que permite regular o estado físico do protoplasma celular, regular o pH, a concentração osmótica, evitando que ele se desequilibre em relação às variações do meio. Um dos principais mecanismos da homeostase é a osmorregulação, que estudamos anteriormente.

Coordenação

Sabemos da necessidade do trabalho harmonioso e integrado entre os sistemas que formam um organismo para que este possa viver em equilíbrio. Mas, para que esse equilíbrio ocorra, há necessidade de sistemas de comando e de coordenação. A coordenação das funções do ser vivo é realizada por dois sistemas: o nervoso e o hormonal.

Sistema neural

Responsável pela percepção de estímulos, tanto internos como externos, por sua condução e pela organização de respostas.

Ausentes nos poríferos, surgem pela primeira vez células nervosas difusas nos cnidários. Nos platelmintos, surge um sistema nervoso ganglionar (os neurônios se associam, formando aglomerados de neurônios situados na cabeça).

A partir dos anelídeos, o sistema nervoso ganglionar começa a se aperfeiçoar; surgem gânglios cerebroides e um gânglio subfaríngeo, que se comunica com um duplo cordão nervoso ganglionar de localização ventral.

Ao longo do cordão nervoso, os pares de gânglios possuem certa autonomia; é por isso que, mesmo depois de o animal cortado, os pedaços separados continuam a movimentar-se.

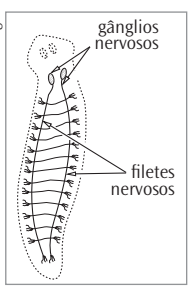
Nos insetos e moluscos cefalópodes, o sistema nervoso ganglionar apresenta gânglios cerebroides desenvolvidos e uma cadeia ganglionar ventral.

Observe a seguir esquemas dos sistemas nervosos dos invertebrados.

O sistema nervoso dos vertebrados apresenta-se disposto dorsoventralmente e protegido pela caixa craniana e pela coluna vertebral.

Subdivide-se em dois grandes componentes: sistema nervoso central (SNC) e sistema nervoso periférico (SNP).

Markus Steiger



Planária com o seu precário sistema nervoso ganglionar.

Fabiana Fernandes

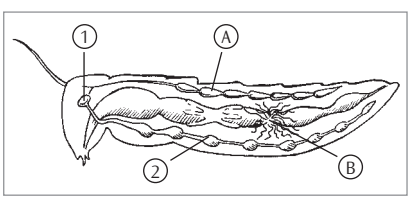
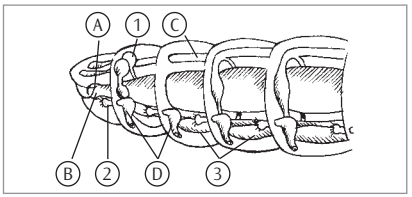


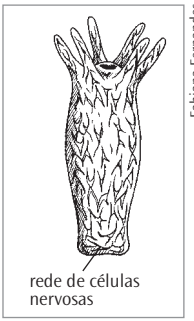
Diagrama de um **inseto**:
(1) cérebro
(2) cadeia ganglionar ventral
(A) coração lacunoso (sistema circulatório);
(B) tubos de Malpighi (sistema excretor).

Fabiana Fernandes



Anelídeo (minhoca) mostrando:
(1) gânglios cerebroides;
(2) gânglios periesofágicos;
(3) rede ganglionar ventral;
(A) boca; (B) faringe; (C) grande vaso dorsal;
(D) nefrídias.

Fabiana Fernandes



Sistema nervoso difuso de um pólipo (celenterado).

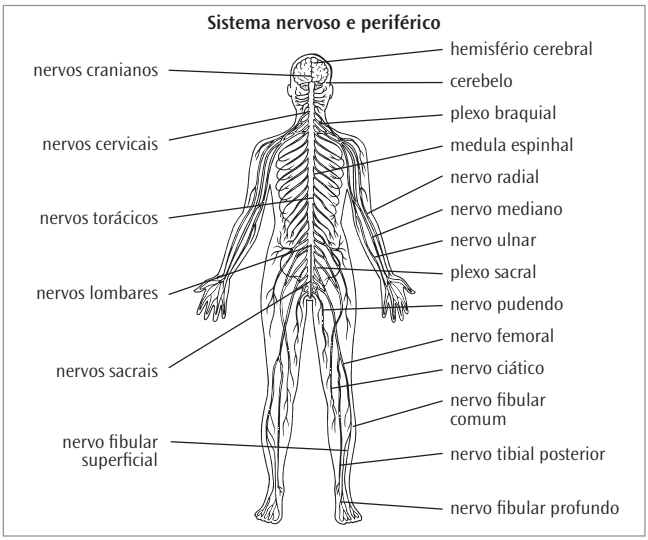
Sistema nervoso cefalorraquidiano

O sistema nervoso cefalorraquiano é formado pelo encéfalo e pela medula espinhal. O encéfalo, por sua vez, é composto de vários órgãos: o cérebro (formado por dois hemisférios), o diencéfalo, o cerebelo e o bulbo.

As informações captadas pelo organismo, tanto de origem interna como externa, são encaminhadas à medula e ao encéfalo, onde são processadas, e as respostas, elaboradas.

O sistema periférico é formado por uma rede de nervos e gânglios espalhados pelo corpo, por 12 pares de nervos cranianos, que partem do encéfalo, e por 31 pares de nervos raquidianos, que partem da coluna.

Glória Costa

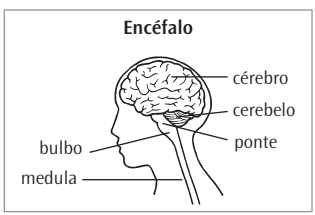


Encéfalo

A superfície do cérebro — composta de sulcos que se dilatam em giros — é chamada de córtex cerebral. É a região mais desenvolvida do cérebro, onde se processa e armazena a maior parte das informações.

Entre todos os animais, o homem é o que apresenta o maior cérebro em relação ao tamanho do corpo.

Glória Costa



O encéfalo e a medula formam o sistema nervoso cefalorraquidiano humano.

Principais órgãos do sistema nervoso cefalorraquidiano:

Cerebelo: situado abaixo do cérebro e atrás da ponte, é o órgão que regula o equilíbrio corporal. Está conectado a receptores periféricos localizados no ouvido interno e que enviam mensagens aos centros de controle do equilíbrio localizado no cerebelo. Além disso, recebe informações sobre articulações, músculos e visão.

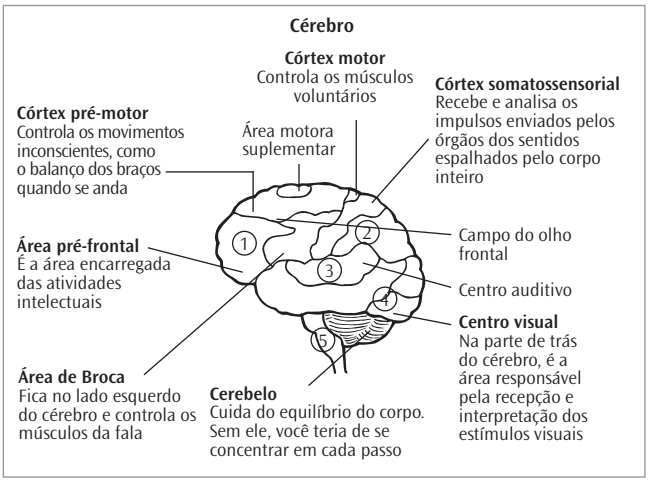
Ponte ou protuberância: situa-se acima do bulbo e abaixo do cerebelo. Sua função é conduzir o impulso nervoso e está relacionado com reflexos associados às emoções (riso, lágrimas etc.).

Bulbo: localizado acima da medula espinhal, exerce as funções de condutor de impulsos nervosos, comanda o ritmo cardiorrespiratório e certos atos reflexos, como deglutição, sucção, mastigação, vômito, secreção lacrimal e piscar dos olhos.

Diencéfalo: constituído pelo tálamo e hipotálamo. O hipotálamo contém centros de controle da temperatura corporal; do apetite; da sede; do sono e de algumas emoções. Está ligado à hipófise, principal glândula endócrina, situada na base do cérebro, controlando o sistema hormonal. O tálamo recebe as informações sensoriais e as redireciona às áreas específicas do cérebro.

Cérebro: controla nossas sensações e nossas funções motoras. É o centro da memória e do intelecto. Cerca de 80% dos neurônios do encéfalo encontram-se no cérebro. É separado em dois hemisférios, unidos por uma região denominada corpo caloso. Cada hemisfério é dividido em quatro regiões denominadas lobos: frontal, parietal, temporal e occipital.

Glória Costa


Cérebro
Córtex motor
Controla os músculos voluntários
Córtex somatossensorial
Recebe e analisa os impulsos enviados pelos órgãos dos sentidos espalhados pelo corpo inteiro
Córtex pré-motor
Controla os movimentos inconscientes, como o balanço dos braços quando se anda
Área motora suplementar
Área pré-frontal
É a área encarregada das atividades intelectuais
Campo do olho frontal
Centro auditivo
Centro visual
Na parte de trás do cérebro, é a área responsável pela recepção e interpretação dos estímulos visuais
Área de Broca
Fica no lado esquerdo do cérebro e controla os músculos da fala
Cerebelo
Cuida do equilíbrio do corpo. Sem ele, você teria de se concentrar em cada passo
1
2
3
4
5

(1) Lobo frontal; (2) Lobo parietal; (3) Lobo temporal; (4) Lobo occipital; (5) Bulbo

Córtex cerebral

A superfície mais externa do cérebro recebe o nome de córtex cerebral, formada pelo corpo dos neurônios, o que dá a essa região uma cor acinzentada. As fibras (axônios e dentritos) dos neurônios, que saem e chegam ao córtex cerebral, estão mais internas e constituem a substância branca, em função da mielina que envolve os axônios.

Medula espinhal é uma haste cilíndrica que percorre o interior do canal raquidiano; é condutora de impulsos nervosos e sede dos atos reflexos. Internamente, apresenta o corpo dos neurônios, dando a essa região uma cor acinzentada, e externamente ficam os axônios mielinizados, constituindo a substância branca.

Sistema nervoso periférico (SNP)

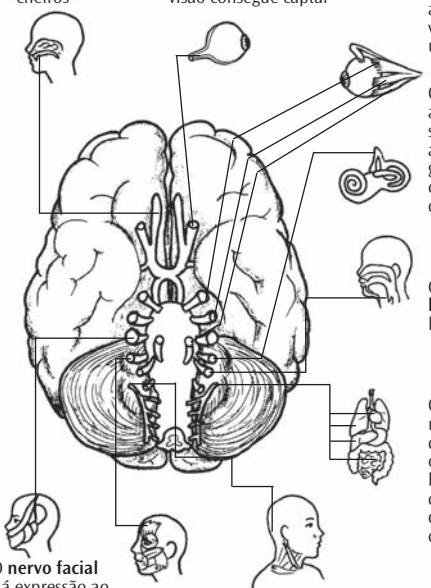
O sistema nervoso periférico é formado pelo conjunto de nervos cranianos e gânglios que partem do encéfalo. Nos peixes

e anfíbios, é composto de 10 pares; e nos répteis, nas aves e nos mamíferos é composto de 12 pares.

Na espécie humana, o sistema nervoso periférico é composto de 31 pares e por nervos espinhais ou raquidianos que partem da medula.

Glória Costa

Os 12 pares de nervos cranianos e suas respectivas funções



Nervo olfativo É a estrada dos cheiros

O **nervo óptico** envia ao cérebro tudo o que a visão consegue captar

Oculomotor, **troclear** e **abducente**. Esses três pares de nervos são acionados sempre que você dirige o olhar para um lado ou para o outro

O **nervo acústico** leva ao cérebro os impulsos sonoros captados pela audição. Também garante o equilíbrio do corpo, em conexão com o cerebelo

O **glossofaríngeo** e o **hipoglosso** fazem a sua língua se mexer

O **vago** é o único dos nervos cranianos que não atua sobre a cabeça. Ele age sobre os batimentos do coração, os pulmões e o sistema digestório, entre muitos outros órgãos

O **nervo facial** dá expressão ao rosto, leva o gosto da comida ao cérebro e comanda as lágrimas

O **trigêmeo** controla todos os músculos da mastigação

O **nervo espinhal** controla os ombros e o pescoço

Os nervos são cordões esbranquiçados, formados por fibras nervosas (axônios) e reunidos ou arranjados em feixes, envolvidos por tecido conjuntivo, que levam e trazem impulsos do encéfalo,

da medula e dos gânglios, estabelecendo comunicações com os órgãos dos sentidos e órgãos internos, denominados receptores. Os efetores levam mensagens do sistema nervoso central para os músculos e para as glândulas.

Dependendo da direção que segue o impulso nervoso, os nervos classificam-se em:

- **Sensitivos ou aferentes**: o impulso parte dos receptores e vai até o S.N.C.
- **Motores ou eferentes**: o impulso parte do S.N.C. e vai até os órgãos efetores.
- **Mistos**: quando possuem fibras sensitivas e motoras ao mesmo tempo.

Os nervos eferentes ou motores do sistema nervoso periférico podem ser divididos em duas partes: o sistema nervoso somático ou voluntário e o sistema nervoso autônomo ou visceral.

Sistema nervoso somático ou voluntário é o sistema que controla nossa vida em relação ao ambiente, permitindo responder conscientemente nossas respostas aos estímulos recebidos; normalmente controla os músculos esqueléticos. Podem ocorrer, no entanto, algumas respostas involuntárias; é o que ocorre nos atos reflexos, nos quais a resposta vai até a medula e volta pela medula, sem passar pelo cérebro.

Arco reflexo: reflexos são atos de ação involuntária que resultam do estímulo que um órgão sofre. Os reflexos medulares ocorrem sem a participação dos órgãos superiores, pois a resposta é elaborada na própria medula.

Arco reflexo é o conjunto de neurônios necessários à execução de um ato reflexo. O arco reflexo é um dos reflexos mais simples, pois é constituído por um número reduzido de neurônios (sensitivos, de associação e motor). Um exemplo de arco reflexo é o patelar, que consiste na imediata extensão da perna, quando se bate com um martelo de borracha no músculo quadríceps. Este ato é constituído por dois neurônios: um aferente e outro eferente motor. A

pancada no tendão estimula os receptores tácteis, originando o impulso, provocando a extensão da perna. São chamados reflexos medulares.

Reflexos condicionados são aqueles adquiridos por meio de um processo de aprendizagem, de adestramento ou de dados computados na memória.

Exemplo de reflexo condicionado: o fisiologista russo Ivan Petrovitch Pavlov percebeu que cães salivavam ao ouvir o som de uma sinaleta, pois toda vez que soava a sinaleta o cientista oferecia comida aos animais.

O sistema nervoso autônomo ou visceral controla, de forma involuntária, nosso organismo. Formado por nervos que levam impulsos à musculatura lisa, às glândulas e ao músculo cardíaco. Tem ação decisiva na manutenção do equilíbrio entre as funções internas, isso é, da homeostase.

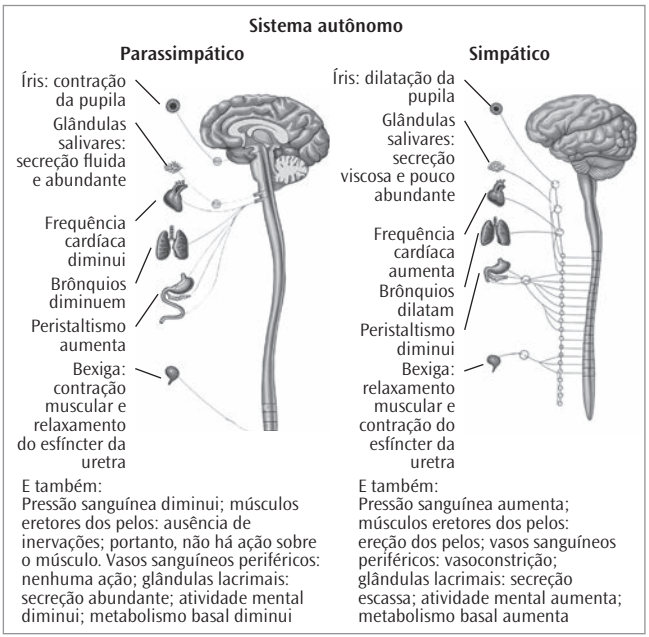
O sistema nervoso autônomo ou visceral é praticamente motor e subdivide-se em dois tipos de nervos: simpático e parassimpático. Eles funcionam sempre em antagonismo, do que resultam as atividades equilibradas dos órgãos. Exemplo de ações antagônicas dos nervos simpático e parassimpático: enquanto o parassimpático estimula a secreção do suco gástrico, o simpático a inibe.

A ação das duas divisões é devida à liberação, pelas terminações nervosas das fibras, dos mediadores químicos (neurormônios) noradrenalina – pelas fibras simpáticas –, e acetilcolina – pelas fibras parassimpáticas.

Outros exemplos:

Órgãos	Simpático	Parassimpático
coração	acelera (taquicardia)	retarda (bradicardia)
vasos sanguíneos	contrai	dilata
estômago	paralisa	excita
bexiga	relaxa	contrai
pupilas	dilata	contrai

Douglas Moreno


Sistema autônomo
Parassimpático
Íris: contração da pupila
Glândulas salivares: secreção fluida e abundante
Frequência cardíaca diminui
Brônquios diminuem
Peristaltismo aumenta
Bexiga: contração muscular e relaxamento do esfíncter da uretra
E também:
Pressão sanguínea diminui; músculos eretores dos pelos: ausência de inervações; portanto, não há ação sobre o músculo. Vasos sanguíneos periféricos: nenhuma ação; glândulas lacrimais: secreção abundante; atividade mental diminui; metabolismo basal diminui
Simpático
Íris: dilatação da pupila
Glândulas salivares: secreção viscosa e pouco abundante
Frequência cardíaca aumenta
Brônquios dilatam
Peristaltismo diminui
Bexiga: relaxamento muscular e contração do esfíncter da uretra
E também:
Pressão sanguínea aumenta; músculos eretores dos pelos: ereção dos pelos; vasos sanguíneos periféricos: vasoconstrição; glândulas lacrimais: secreção escassa; atividade mental aumenta; metabolismo basal aumenta

O sistema nervoso autônomo e alguns órgãos que estão sob sua regulação.

Sistema hormonal

Formado pelas glândulas endócrinas ou de secreção interna, o sistema hormonal, juntamente com o sistema nervoso, controla as atividades equilibradas dos diversos sistemas do corpo. As glândulas endócrinas são assim denominadas porque produzem substâncias químicas, denominadas hormônios, secretadas diretamente no sangue. Hormônios são, portanto, substâncias químicas produzidas por glândulas endócrinas, ou por células isoladas, que, quando lançadas no sangue, vão agir em dois locais distantes, estimulando ou inibindo as funções de certos órgãos alvos.

Principais glândulas endócrinas humanas e seus hormônios

Antes de estudarmos as glândulas, vamos analisar uma glândula endócrina e o mecanismo que regula suas funções. Glândulas endócrinas são aquelas desprovidas de canais excretores; por isso, lançam diretamente no sangue os hormônios produzidos. Vimos que determinada quantidade de hormônio no sangue pode estimular ou inibir as atividades do órgão alvo. Essa regulação endócrina ocorre por meio de um mecanismo conhecido como realimentação ou *feedback*, que pode ser negativo ou positivo.

Exemplo de *feedback* (retroalimentação) negativo:

A adeno-hipófise produz e libera o hormônio F.S.H. (hormônio folículo-estimulante) que, através do sangue, chega até os ovários, atuando sobre eles.

Sob a ação do F.S.H., um folículo ovariano inicia seu processo de amadurecimento para produzir o óvulo. Durante o amadurecimento, o folículo produz o hormônio estradiol (hormônio sexual feminino). Quanto mais F.S.H. vem da adeno-hipófise, mais estradiol é produzido pelo folículo. Assim, a taxa de estradiol sobe muito no sangue, até chegar a um nível em que, ao passar pela hipófise, bloqueia a produção de F.S.H. Está aí um *feedback* negativo, pois, com a parada da produção de F.S.H., cessa também a produção de estradiol.

Exemplos de *feedback* positivo: a glândula adeno-hipófise produz hormônio tireotrofina, que estimula a glândula tireoide a produzir o hormônio tiroxina. Aumentando o hormônio tiroxina no sangue, a produção do hormônio tireotrofina se reduz, fato que provoca a inibição da tireoide. Quando o nível de tiroxina no sangue se torna baixo, a adeno-hipófise volta a secretar tireotrofina, e o mecanismo recomeça.

Hipófise ou pituitária: localizada na base do cérebro, apresenta duas regiões distintas: a neuro-hipófise ou hipófise posterior, e uma porção anterior à adeno-hipófise. Sabe-se hoje que ela está sob o controle do hipotálamo (parte do sistema nervoso central).

A neuro-hipófise armazena hormônios fabricados pelo hipotálamo. Os principais são:

- **ocitocina**: que provoca as contrações da musculatura do útero na ocasião do parto. Atua também nas glândulas mamárias, provocando a contração e ejeção do leite.
- **hormônio antidiurético (ADH)**: atua nos túbulos renais, promovendo a reabsorção da água. A deficiência desse hormônio provoca grande perda de água, ocasionando o diabetes insípido. O ADH é conhecido também como vasopressina.

Principais hormônios produzidos pela adeno-hipófise ou lobo anterior da hipófise:

- **Hormônio de crescimento ou somatotrópico (STH ou GH)**

Sua função é estimular o crescimento da criança e do jovem, aumentando o número de mitoses e da síntese de proteínas.

A deficiência desse hormônio, na criança, provoca o nanismo. Quando é produzido em excesso provoca o gigantismo. Se esse problema surge na fase adulta, provoca a acromegalia (crescimento das extremidades, como mãos e pés).

- **Hormônio adrenocorticotrófico (ACTH)**

Atua na região cortical das suprarrenais, estimulando a produção dos hormônios cortisona e aldosterona.

- **Prolactina (LTH)**

Estimula a produção do leite pelas glândulas mamárias durante a lactação.

- **Tirotrofina: estimulante da tireoide (TSH)**

Estimula a síntese de hormônios tireoidianos os quais irão atuar no metabolismo celular.

- **Hormônio folículo-estimulante (FSH): Gonadotrofina**

Atua nos ovários, estimulando o desenvolvimento dos folículos ovarianos, no interior dos quais ocorre a maturação dos óvulos. No homem, estimula a produção dos espermatozoides.

- **Hormônio luteinizante (LH): Gonadotrofina**

Atua no rompimento do folículo ovariano, o que resulta na liberação do óvulo. Ocorrendo a ruptura, o folículo transforma-se em corpo lúteo ou corpo amarelo. No homem, atua nos testículos, estimulando a síntese de testosterona (hormônio sexual masculino).

- **Hormônio melanotiófico (MSH)**

Relaciona-se com a coloração da pele em anfíbios e répteis.

Nos seres humanos e outros mamíferos, há também produção de MSH, mas sua atuação no organismo é desconhecida.

Glândula tireoidea

Em forma de H, situa-se sob a traqueia, abaixo da laringe. Produz dois hormônios: tiroxina e tri-iodotironina, que ativam o metabolismo celular, exercendo papel fundamental no desenvolvimento do organismo.

A disfunção dessa glândula pode provocar:

- hipotireoidismo (falta dos hormônios), que no adulto ocasiona aumento de peso, apatia, queda na frequência cardíaca, engrossamento da pele (mixedema). Na criança, pode ocasionar retardamento físico e mental.
- hipertireoidismo (excesso dos hormônios), que ocasiona magreza, nervosismo, inquietação, sono agitado e bócio (provocado pelo acúmulo exagerado do coloide que encerra o hormônio).

Também no hipotireoidismo pode surgir o bócio e o bócio exoftálmico (olhos proeminentes, devido ao acúmulo de gordura atrás do globo ocular).

Glândulas paratireoideas

São em número de quatro, localizadas na face posterior da tireoide.

São responsáveis pela produção de paratormônios, que regulam o metabolismo do cálcio no organismo, contribuindo para sua absorção no intestino.

O excesso de paratormônio provoca hiperparatireoidismo, que se caracteriza por acentuada retirada de cálcio dos ossos, facilitando a ocorrência de fraturas e deformações ósseas.

A falta de paratormônio ocasiona a redução de cálcio no sangue, provocando contrações musculares denominadas tetania muscular.

Pâncreas

É uma glândula mista, pois fabrica o suco pancreático, que é lançado no duodeno (ação exócrina da glândula) e fabrica os hormônios insulina e glucagon nas ilhotas de Langerhans, por dois tipos de células: as beta e as alfa. As células beta produzem insulina, e as alfa, o glucagon.

A insulina atua sobre o metabolismo do açúcar, promove modificações nas membranas das células, facilitando a entrada da glicose para consumo imediato. A produção insuficiente de insulina pelas células beta das ilhotas de Langerhans provoca o diabetes melito, ou seja, o excesso de açúcar no sangue e eliminação deste na urina.

O glucagon tem efeito antagônico ao da insulina, aumentando a concentração de açúcar no sangue.

Suprarrenais

As glândulas suprarrenais ou adrenais, localizadas sobre os rins, apresentam duas regiões distintas: o córtex e a medula.

A região cortical (parte externa) produz os corticosteroides, derivados do colesterol.

Os corticosteroides dividem-se em dois grupos: os mineralocorticoides e os glicocorticoides.

Mineralacorticoide: aldosterona

Promove a reabsorção do sódio, cloro e água, nos túbulos renais. Também favorece a passagem de potássio para o interior do filtrado, promovendo a excreção renal.

Glicocorticoides: cortisol

Ativa a produção de glicose a partir de proteínas e gorduras; diminui o consumo de glicose nos tecidos e determina aumento de resistência à ação da insulina. Outra propriedade do cortisol é diminuir as inflamações.

O córtex da suprarrenal produz também, mas em pouca quantidade, hormônios sexuais androgênicos com função semelhante ao hormônio sexual masculino testosterona.

A região medular produz adrenalina ou epinefrina e noradrenalina ou norepinefrina, cujos efeitos são semelhantes aos da estimulação do sistema nervoso simpático.

Sua liberação ocorre em situações de temor ou raiva, preparando o organismo para reagir. Há aumento do ritmo cardíaco, estímulo da respiração e elevação da pressão sanguínea.

Glândulas sexuais

Ovários

As funções dos ovários são controladas pela hipófise, por meio do FSH (hormônio folículo-estimulante), que induz o amadurecimento do folículo ovariano. Estes, à medida que amadurecem, produzem hormônios sexuais femininos, os estrógenos.

O estrógeno atua sobre as paredes internas do útero, promovendo o seu desenvolvimento (endométrico). A partir de certa concentração de estrógeno no sangue, este passa a inibir a hipófise de produzir FSH. A partir daí, a hipófise passa a fabricar o LH (hormônio luteinizante). O hormônio luteinizante participa do rompimento do folículo maduro, liberando o óvulo (ovulação).

A ovulação ocorre por volta do 14º dia do ciclo. Nos dias próximos à ovulação, a mulher se apresenta fértil.

Após a ovulação, sob a ação do LH, o restante das células que permanecem no folículo transforma-se em corpo amarelo ou lúteo.

Este produz o hormônio progesterona, que altera a parede do útero, preparando-o para a implantação do ovo, caso haja gravidez.

Caso não ocorra gravidez, aproximadamente 14 dias após a ovulação, a parede uterina descama-se e é eliminada pela vagina. É a menstruação, que é decorrente da queda súbita da taxa de progesterona.

Havendo fecundação, o corpo lúteo não se degenera. A produção de progesterona permanece alta e constante. O embrião formado é implantado na mucosa uterina, e a hipófise começa a fabricar o hormônio gonadotrofina coriônica, que tem por função manter o corpo lúteo funcionando. Até o 3º mês de gestação o corpo lúteo permanece ativo; a partir daí começa a se degenerar, e a incumbência de produzir estrógeno e progesterona passa a ser da placenta, garantindo a continuidade da gravidez.

Os estrógenos agem também sobre o sistema nervoso, estimulando os impulsos sexuais, e são também responsáveis pelo desenvolvimento dos caracteres sexuais secundários femininos.

Testículos

Os testículos são também controlados pela hipófise. O FSH (hormônio folículo-estimulante) estimula a produção de espermatozoides. Esta produção ocorre no interior dos túbulos seminíferos existentes no interior dos testículos. O hormônio luteinizante (LH) estimula as células de Leydig a produzir o hormônio testosterona.

O hormônio testosterona é responsável pelo surgimento dos caracteres sexuais secundários masculinos.

Saiba

Anatomia comparada
Grupos animais
Peixes – Anfíbios

Sistemas	Peixes	Anfíbios
Tegumentar e esquelético	Epiderme pluriextraticada não-corneicada e com glândulas mucíparas. Derme com cromatóforos. Escamas placoides (dermoepidérmicas) nos cartilaginosos e dérmicas (cicloides, ganoides e ctenoides) nos ósseos.	Epiderme não corneicada nos aquáticos pouco corneicada nos adultos. Glândulas pluricelulares, mucosas e serosas. Derme com cromatóforos e intensa vascularização.
Digestório	Boca ventral (cartilaginosos) terminal (ósseo). Homodontes e Polifiodontes. Faringe com fendas branquiais. Intestino com válvula espiralada, fígado e pâncreas diferenciados nos cartilaginosos e difuso nos peixes ósseos. Nos ósseos existem cecos pilóricos entre o estômago e intestino.	Boca com dentes homodontes, poliodontes e acrodontes. Língua fixada anteriormente. Intestino terminado em cloaca. Como anexos, aparecem glândulas salivares (ausentes nas formas aquáticas), fígado e pâncreas.
Respiratório	Respiração branquial, 5 pares de brânquias em câmaras independentes nos cartilaginosos; nos ósseos 4 pares de brânquias em câmara única, recoberta por operáculo. Ósseos com bexiga natatória.	Respiração branquial, pulmonar, cutânea bucofaríngea. Eficiente respiração cutânea nas formas terrestre e pulmões saculiformes.

Sistemas	Peixes	Anfíbios
Circulatório	Coração com um sinus, um átrio, um ventrículo e um conus. Circulação simples e completa. Hemácias elípticas e nucleadas.	Coração com um sinus, dois átrios, um ventrículo e um bulbo. Circulação dupla e incompleta; Hemácias elípticas e anucleadas.
Urinário	Rins mesoféricos. Dois ureteres alargados, formando bexigas urinárias, com cartilaginosos. Ósseos com ou sem bexiga urinária. Os cartilaginosos são ureutélicos, e os ósseos, amonotélicos.	Rins mesonéfricos com bexiga urinária. Ureotélicos.
Nervoso	Encéfalo com maior desenvolvimento dos lobos olfativos e ópticos. Dez pares de nervos cranianos.	Desenvolvimento dos lobos ópticos e olfativos. Cerebelo extremamente reduzido. Dez pares de nervos cranianos.

Répteis – Aves

Sistemas	Répteis	Aves
Tegumentar e esquelético	Epiderme pluriextraticada com espessa camada córnea. Ausência de glândulas. Derme com cromatóforos. Numerosos anexos epidérmicos: escamas, garras, espinhas e bicos.	Pele delgada com epiderme corneificada. Ausência de glândulas, exceto a uropigiana. Como anexos aparecem penas, camadas epidérmicas, garras, bicos, cristas e esporas.
Digestório	Boca com dentes, omodontes, poliodontes, arodontes e tecodontes. Tartarugas com bico córneo. Glândulas venenosas (cobras) salivares, fígado e pâncreas. Intestino terminado em cloaca.	Boca sem dentes e com bico córneo. Papo desenvolvido nas granívoras. Estômago dividido em pró-ventrículo e moela. Fígado, pâncreas e presença de cloaca.

Sistemas	Répteis	Aves
Respiratório	Respiração pulmonar. Pulmões saculiformes e parenzimáticos nos mais evoluídos. Respiração cloacal nas tartarugas aquáticas.	Respiração pulmonar. Pulmões com capilares aéreos. Órgão canoro chamado ciringe. Presença de sacos aéreos.
Circulatório	Coração com sinus, dois átrios e dois ventrículos incompletamente separados. Circulação dupla e incompleta. Crocodilianos com separação ventricular completa e forâmen de Paniza entre os arcos aórticos. Hemácias elípticas e nucleadas.	Coração com dois átrios e dois ventrículos. Circulação dupla e completa. Crossa aórtica voltada para a direita. Hemácias elípticas e nucleadas.
Urinário	Rins metanéfricos e bexiga urinária só em lagartos e tartarugas. Uriconélicos.	Rins metanéfricos sem bexiga urinária. Uricotélicos.
Nervoso	Primeiros animais com córtex cerebral. Lobo óptico desenvolvido e cerebelo reduzido. Doze pares de nervos cranianos.	Córtex cerebral bem evoluído. Lobos ópticos atingindo desenvolvimento máximo. Cerebelo evoluído e doze pares de nervos cranianos.
Genital	Genital masculino com um par de testículos e órgão copulador. Genital feminino com um par de ovários, ovidutos e útero. Fecundação interna e desenvolvimento direto. Fêmeas ovíparas, ovovíparas e até vivíparas.	Fecundação interna e desenvolvimento direto. Genital masculino par e feminino ímpar, só com ovário esquerdo. Fêmeas ovíparas.

Mamíferos

Sistemas	Mamíferos
Tegumentar e esquelético	Epiderme corneicada, derme e hipoderme com panículo adiposo. Glândulas sudoríparas, sebáceas, mamárias e de cheiro. Anexos: Pelos, escamas epidérmicas, garras, bicos, cascos, cornos, calos e unhas.
Digestório	Boca com lábio, eterodontes, trecodontes e difiodontes. Estômago simples ou poligástrico nos ruminantes. Fígado, pâncreas e glândulas salivares. Intestino terminado em ânus.
Respiratório	Respiração pulmonar. Pulmões parenquimáticos em cavidade pleural. Laringe com cordas vocais. Brônquios intensamente ramificados.
Circulatório	Coração com dois átrios e dois ventrículos. Circulação dupla e completa. Crossa aórtica voltada para a esquerda. Hemácias discoides e anucleadas.
Urinário	Rins metanéfricos com ureteres desembocando em uma bexiga urinária. Ureotélicos.
Nervoso	Córtex cerebral com desenvolvimento máximo, cerebelo mais evoluído que o das aves, doze pares de nervos cranianos.
Genital	Fecundação interna e desenvolvimento direto. Fêmeas vivíparas, com exceção dos monocremados que são ovíparos. Genital masculino com dois testículos e pênis. Feminino com ovários ovidutos.

A nova nomenclatura anatômica

Nome antigo	Nome atual	Comentários
Alça de Henle	**Alça néfrica**	faz parte do néfron; unidade morfofuncional do rim
Amígdala	**Tonsila palatina**	órgão linfoide localizado na orofaringe; tem função de defesa
Apêndice Cecal	**Apêndice Vermiforme**	ligada ao colo, próxima a junção entre os intestinos delgado e grosso
Bainha de Mielina	**Extrato mielínico**	camada fosfolipídica, rica em colesterol que envolve o axônio do neurônio
Bulbo olfativo	**Bulbo olfatório**	nervo olfativo; ligado ao olfato
Canal de Havers	**Canal central**	minúsculo canal, presente na estrutura do tecido ósseo, por onde correm os vasos nutridores do osso
Canal de Volkmann	**Canal perfurante**	finos canais que se dispõem na estrutura do tecido ósseo fazendo comunicação entre os canais centrais
Canal deferente	**Duto deferente**	conduto do sistema genital masculino
Canal Pancreático	**Duto pancreático**	conduto que liga o pâncreas ao duodeno, transportando o suco pancreático
Cápsula de Bowman	**Cápsula do Glomérulo**	rede enovelada de capilares; faz parte da estrutura de um néfron
Carpos	**Carpais**	ossos do punho
Célula de Schwann	**Oligodendrócito**	célula que envolve parcialmente o axônio
Célula de Sertoli	**Epitélio sustentador**	células da estrutura dos tubos seminíferos, que envolvem e protegem a espermátide durante o processo espermiogenes
Chalaza	**Calaza**	estrutura constituída de dois cordões que sustentam a gema do ovo das aves ao mesmo
Cintura escapular	**Cíngulo do membro superior**	conjunto de ossos que articula o tronco ao membros superiores
Cintura pélvica	**Cíngulo do membro inferior**	conjunto de ossos que articula o tronco aos membros inferiores

Nome antigo	Nome atual	Comentários
Circunvoluções cerebrais	**Sulcos e giros cerebrais**	cada uma das saliências irregulares na superfície do cérebro
Complexo de Golgi	**Complexo golgiense**	complexo de bolsas achatadas, cisternas e pequenos vacúolos periféricos, que se encontram empilhados em determinadas regiões do citoplasma. Ausente somente nos procariontes
Cristalino	**Lente**	localiza-se no olho
Cúbito	**Ulna**	um dos ossos do antebraço, cuja saliência forma o cotovelo
Dictiossomo ou golgiossomo	**Sáculo lameliforme**	nome mais usado para o complexo golgiense nas células dos vegetais
Duto coletor	**Ducto coletor reto**	conduto renal onde desembocam os néfrons
Epitélio olfativo	**Epitélio olfatório**	localiza-se nas cavidades nasais
Feixe de His	**Fascículo atrioventricular**	conjunto de fibras que sincroniza as contrações cardíacas
Fibra de Purkinje	**Miócito condutor cardíaco**	formado por uma rede de células especiais derivadas de fibras musculares cardíacas, que emitem estímulos elétricos pelas paredes dos ventrículos do coração
Fibra muscular	**Miócito**	células fusiformes que formam os músculos
Fibras nervosas	**Neurofibras**	células alongadas com inúmeras ramificações
Fossa nasal	**Cavidade nasal**	cavidades do nariz que se abrem nas narinas
Gânglio linfático	**Linfonodo**	fazem parte do sistema linfático
Glândula adrenal	**Glândula suprarrenal**	localiza-se sobre a parte superior do rim
Glândula submaxilar	**Glândula submandibular**	em função da mudança de maxilar inferior para mandíbula
Globo ocular	**Bulbo do olho**	localiza-se na parte orbital da face
Glomérulo de Malpighi	**Glomérulo renal**	faz parte do rim

Nome antigo	Nome atual	Comentários
Goteira neural	**Sulco neural**	depressão longa e linear que aparece na superfície do cérebro
Hipoderme	**Tela subcutânea**	tecido conjuntivo que se localiza logo abaixo da pele
Ilhotas de Langerhans	**Ilhas pancreáticas**	conjunto de células de natureza glandular endócrina, localizado no pâncreas
Ilíaco	**Íleo**	osso que faz parte do cíngulo do membro inferior
Juntas	**Articulações**	local de contato, fixo ou móvel entre ossos do esqueleto
Líquido cefalorraquidiano	**Líquido cerebroespinal**	líquido que preenche as cavidades internas do encéfalo e da medula espinhal
Lóbulo olfativo	**Bulbo olfatório**	ligado ao olfato no interior das narinas
Maxilar inferior	**Mandíbula**	parte móvel do crânio, no qual se encontram implantados os dentes inferiores
Metacarpos	**Metacarpiais**	ossos da mão
Metatarso	**Metatarsiais**	osso da planta do pé
Nervos raquidianos	**Nervos espinhais**	nervos ligados à medula espinhal
Neuróglia	**Gliócito**	células do tecido nervoso, ricas em substâncias intersticiais que sustentam as células nervosas
Nódulo atrioventricular	**Nó atrioventricular**	localiza-se na junção do átrio direito com o ventrículo direito
Nódulo de Ranvier	**Nó neurofibroso**	cada um dos numerosos pontos de constrição ou estrangulamento dos oligodendrócitos
Nódulo sinoatrial ou marcapasso	**Nó sinoatrial**	localiza-se na junção da veia cava com o átrio direito
Omoplata	**Escápula**	osso chato mais ou menos triangular que forma o cíngulo do membro superior
Órgão de Corti	**Órgão espinal**	faz parte da orelha interna

Nome antigo	Nome atual	Comentários
Ouvido	**Orelha**	órgão da audição. O que se chamava de orelha é o pavilhão auricular
Ouvido externo	**Orelha externa**	
Ouvido interno	**Orelha interna**	
Ouvido médio	**Orelha média**	
Papo	**Inglúvio**	porção dilatada do esôfago
Paratireoide	**Glândula paratireoidea**	quatro pequenas glândulas endócrinas situadas nos ângulos posteriores da glândula tireoidea e têm importância no metabolismo do cálcio
Perônio	**Fíbula**	osso longo e delgado da perna
Pomo-de-adão	**Proeminência laríngea**	cartilagem da laringe localizada na região da garganta, geralmente mais saliente nos homens
Ponte de Valório	**Ponte**	entre o bulbo e o mesencéfalo
Retículo endoplasmático liso	**Retículo endoplasmático não granuloso**	organela citoplasmática presente nas células eucarióticas
Retículo endoplasmático rugoso	**Retículo endoplasmático granuloso**	organela citoplasmática em cuja superfície de suas membranas encontram-se aderidos os ribossomos
Rótula	**Patela**	osso do joelho, situado na frente da articulação
Sarcômero	**Miômero**	presente nas fibras musculares, responsáveis pelo seu encurtamento.
Sistema circulatório	**Sistema cardiovascular**	constituído pelo coração e vasos sanguíneos
Sistema digestivo	**Sistema digestório**	constituído pela boca, faringe, esôfago, estômago e intestinos
Sistema excretor	**Sistema urinário**	constituído pelos rins, condutos renais e bexiga urinária
Sistema harversiano	**Osteônio**	conjunto de canais centrais
Sistema nervoso ou cefalorraquidiano	**Sistema nervoso ou neural**	constituído pelo encéfalo e medula espinhal

Nome antigo	Nome atual	Comentários
Sistema reprodutor	**Sistema genital**	compõe-se de gônodas, condutos e órgãos genitais femininos e masculinos
Tecido muscular cardíaco	**Tecido muscular estriado cardíaco**	músculo do coração
Tecido muscular estriado	**Tecido muscular estriado esquelético**	músculos que sustentam os ossos do esqueleto
Tecido muscular liso	**Tecido muscular não estriado**	presente nas vísceras
Tendão de Aquiles	**Tendão calcâneo**	grande tendão do calcanhar
Tireoide	**Glândula tireoidea**	glândula endócrina situada na parte ântero-inferior do pescoço
Trompa de Eustáquio	**Tuba auditiva**	faz parte da orelha
Trompa de Falópio	**Tuba uterina**	faz parte do sistema genital feminino
Tubérculo quadrigêmeo	**Colículo superior e inferior**	faz parte do encéfalo
Tubo digestivo	**Tubo digestório**	
Túbulo contornado	**Túbulo contorcido**	túbulos contorcidos distal e proximal; são partes do néfron
Válvula	**Valva**	refere-se às valvas internas do coração: valvas atrioventriculares esquerda e direita, valva da aorta e valva do tronco pulmonar. As válvulas internas das veias mantêm o nome de "válvulas"
Válvula ileocecal	**Papila ileal**	situada na última porção do intestino delgado, entre o jejuno e o ceco
Vesícula seminal	**Glândula seminal**	duas pequenas bolsas alongadas situadas acima da próstata. Faz parte do sistema genital masculino
Vulva	**Pudendo feminino**	parte externa do sistema genital feminino

Teste seu saber

1. (UFRGS) Associe os processos citados na coluna da esquerda às estruturas ou regiões do trato gastrintestinal (coluna da direita) onde eles ocorrem.

1 – Início da digestão do amido
2 – Absorção de água e concentração de material não-digerido
3 – Absorção de glicose, aminoácidos, glicerol e ácidos graxos
4 – Ação digestiva da pepsina sobre as proteínas

( ) estômago
( ) intestino delgado
( ) boca

A sequência correta, de cima para baixo, na coluna da direita é:

a) 1 – 3 – 4 b) 3 – 2 – 1 c) 3 – 4 – 1 d) 4 – 1 – 2 e) 4 – 3 – 1

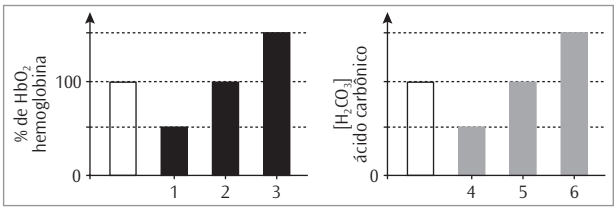
2. (Acafe-SC) Nas aves, répteis e insetos, os excretas nitrogenados são eliminados na forma de:

a) ácido úrico, que, sendo solúvel, torna o animal independente do meio aquático.
b) ácido úrico, que, sendo quase insolúvel, pode ser excretado com pouca perda de água.
c) ureia, que, sendo quase insolúvel, pode ser excretada com pouca perda de água.
d) ureia, que, sendo solúvel, difunde-se no sangue e é facilmente eliminada nos rins.
e) amônia, que, sendo altamente solúvel, torna o animal independente do meio aquático.

3. (FUERN) Quando o eixo ântero-posterior do olho é alongado, a imagem forma-se antes da retina. Essa anomalia do aparelho da visão é conhecida como:

a) presbiopia c) miopia e) estrabismo
b) hipermetropia d) astigmatismo

4. (UFF-RJ) O estresse é considerado um dos maiores males do mundo moderno. Dentre outras consequências, a ansiedade provoca uma aceleração do ritmo respiratório, aumentando as trocas gasosas no nível pulmonar. Os dois gráficos de barras representam a percentagem de saturação de hemoglobina pelo oxigênio (% de HbO_2) e a concentração de acido carbônico ($[H_2CO_3]$), ambas no sangue arterial humano. As barras brancas mostram os valores normais desses parâmetros:



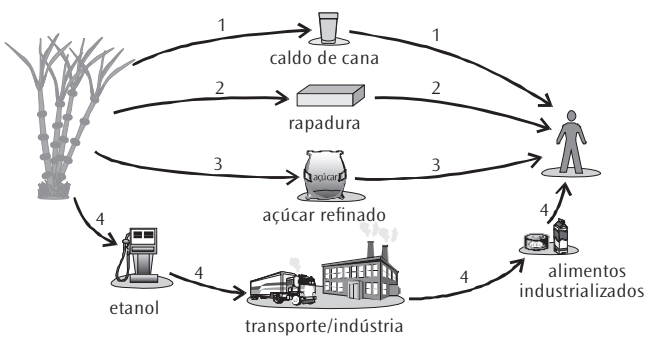
As barras que indicam os valores que podem ser encontrados em pessoas submetidas a grande estresse estão identificadas pelos números:

a) 1 e 5
b) 2 e 4
c) 3 e 6
d) 1 e 6
e) 3 e 4

5. (Fuvest-SP) Para exercerem suas funções de reabsorção, as células epiteliais dos túbulos renais apresentam:

a) vilosidades e muitas mitocôndrias.
b) superfície lisa e muitas e mitocôndrias.
c) vilosidades e poucas mitocôndrias.
d) superfície lisa e poucas mitocôndrias.
e) grandes vacúolos.

6. (Enem) Há diversas maneiras de o ser humano obter energia para seu próprio metabolismo utilizando energia armazenada na cana-de-açúcar. O esquema abaixo apresenta quatro alternativas dessa utilização.



A partir dessas informações, conclui-se que:

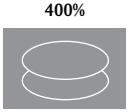
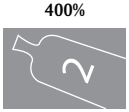
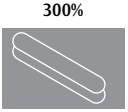
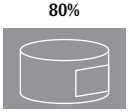
a) a alternativa um é a que envolve maior diversidade de atividades econômicas.
b) a alternativa dois é a que provoca maior emissão de gás carbônico para a atmosfera.
c) as alternativas 3 e 4 são as que requerem maior conhecimento tecnológico.
d) todas as alternativas requerem trabalho humano para a obtenção de energia.
e) todas as alternativas ilustram o consumo direto, pelo ser humano, da energia armazenada na cana.

7. (Enem)

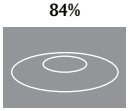
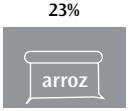
DIETA DE ENGORDA

Em 30 anos, a alimentação piorou muito

AUMENTO NO CONSUMO POR FAMÍLIA

Biscoito	Refrigerantes	Salsichas e linguiças	Refeições prontas
400%	**400%**	**300%**	**80%**
			

DIMINUIÇÃO NO CONSUMO POR FAMÍLIA

Ovos	Peixes	Feijão e leguminosas	Arroz
84%	**50%**	**30%**	**23%**
			

Revista *Época*, 8 maio 2006.

A partir desses dados, foram feitas as afirmações abaixo.

I. As famílias brasileiras, em 30 anos, aumentaram muito o consumo de proteínas e grãos, que, por seu alto valor calórico, não são recomendáveis.
II. O aumento do consumo de alimentos muito calóricos deve ser considerado indicador de alerta para a saúde, já que a obesidade pode reduzir a expectativa de vida humana.

III. Doenças cardiovasculares podem ser desencadeadas pela obesidade decorrente das novas dietas alimentares.

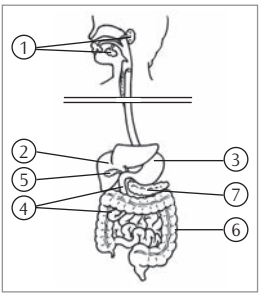
É correto apenas o que se afirma em:

a) I
b) II
c) III
d) I e II
e) II e III

8. Observe o esquema ao lado e identifique:

a) os órgãos apontados pelas setas de 1 a 7;
b) o local onde tem início e digestão das proteínas;
c) o órgão que produz a bile;
d) o local onde o suco pancreático é produzido;
e) a região onde ocorre a absorção dos alimentos;
f) a região onde se forma o bolo fecal;

Glória Costa



9. (Fuvest-SP) Qual a relação funcional entre os sistemas circulatório e respiratório nos mamíferos? E nos insetos?

10. (Fuvest-SP) Os batimentos do coração são involuntários e estão sob o controle do sistema nervoso.

a) Qual o ramo do sistema nervoso que executa esse controle?
b) Cite um outro órgão muscular do corpo que é controlado por esse mesmo ramo nervoso.

11. (Unicamp-SP) Considere as seguintes características de dois animais vertebrados:

Animal A:

I. corpo recoberto por tegumento pouco queratinizado
II. excreção de amônia
III. fecundação externa

Animal B:

I. corpo recoberto de tegumento espesso e queratinizado
II. excreção de ácido úrico

III. fecundação interna

Responda:

a) Qual o ambiente mais provável ocupado pelo animal A e pelo B?

b) Justifique a existência de duas dessas características nesses ambientes.

12. **(Fuvest-SP) Descreva a sucessão de eventos que ocorre a partir do momento em que um indivíduo sofre uma leve pancada no tendão do joelho, quando está sentado e com a perna pendendo livremente, até a reação consequente.**

13. **(Fuvest-SP) A revista *Pesquisa Fapesp*, de setembro de 2007, publicou matéria com o título "Memórias Póstumas", que destaca a importância do conhecimento sobre a ecologia e o desenvolvimento de diversas espécies de insetos para se desvendarem mortes misteriosas.**

a) Como a ocorrência de moscas e besouros, que se desenvolvem nos corpos em decomposição, pode ser útil para estimar o tempo decorrido desde a morte?

b) Os cientistas entrevistados para tal matéria afirmam que os insetos podem revelar que, apesar de um corpo ter sido encontrado no Rio de Janeiro, a morte não ocorreu nessa cidade. Como isso é possível?

14. **(Fuvest-SP) A figura a seguir mostra o esquema de ovo de galinha, contendo um embrião, após 13 dias de incubação.**

a) Explique a importância da casca do ovo e da bolsa amniótica para o sucesso do desenvolvimento da ave.

b) Na semente das angiospermas, existe um tecido cuja função é equivalente à do conteúdo do saco vitelínico. Identifique esse tecido vegetal e explique sua função.

Descomplicando a Biologia

(Fuvest-SP) A tabela abaixo apresenta algumas características de dois tipos de fibras musculares do corpo humano.

Fibras musculares		
Características	**Tipo I**	**Tipo IIB**
Velocidade de contração	Lenta	Rápida
Concentração de enzimas oxidativas	Alta	Baixa
Concentração de enzimas glicolíticas	Baixa	Alta

a) Em suas respectivas provas, um velocista corre 200 m, com velocidade aproximada de 36 Km/h, e um maratonista corre 42 Km, com velocidade aproximada de 18 Km/h. Que tipo de fibra muscular se espera encontrar, em maior abundância, nos músculos do corpo de cada um atleta?

b) Em que tipo de fibra muscular deve ser observado o maior número de mitocôndrias? Justifique.

Resolução e comentários

a) Nos músculos do velocista, haverá maior abundância de fibras do tipo IIB; nos do maratonista, de fibras tipo I.

b) O maior número de mitocôndrias deverá ser encontrado nas fibras do tipo I, já que estas obtêm a maior parte de sua energia por meio da respiração aeróbica – processo que depende de alta concentração de enzimas oxidativas.

15 Genética

Podemos definir genética como sendo o ramo da Biologia que estuda as leis da transmissão dos caracteres hereditários nos indivíduos e as propriedades das unidades que permitem essa transmissão.

Conceitos fundamentais em genética

Gene é um segmento de molécula de DNA, responsável pela determinação de características hereditárias, e está presente em todas as células de um organismo.

Cromossomos são filamentos de DNA, RNA e proteínas (histona) que encerram um conjunto de genes.

Cromossomos homólogos são cromossomos que formam pares e são semelhantes na forma (encontrados nas células diploides). Eles encerram genes que determinam os mesmo caracteres.

Genes alelos são genes que ocupam o mesmo *locus* (lugar) em cromossomos homólogos. Estes genes atuam sobre as mesmas características, podendo ou não determinar o mesmo aspecto. Exemplo: um animal pode ter um dos alelos que determina a cor castanha do olho, e o outro alelo a cor azul do olho.

Genótipo é o patrimônio genético de um indivíduo presente em suas células, e que é transmitido de uma geração para outra. O genótipo pode ser deduzido através de cruzamento, teste ou da análise dos parentais e descendentes.

Fenótipo é a expressão exterior (observável) do genótipo mais a ação do meio ambiente. Muitas vezes, a influência ambiental provoca manifestações de fenótipo diferentes do programado pelo genótipo. Esse fenômeno é denominado "peristase" e pode ser exemplificado pelas hortênsias, que em solo básico apresentam coloração azul, e em solo ácido apresentam coloração rosa.

Nem todos os fenótipos são observáveis; existem exceções, como no caso dos grupos sanguíneos. Por exemplo: uma pessoa que é do

grupo sanguíneo AB; como esse caráter não pode ser visualizado, mas pode ser detectado experimentalmente, trata-se de um fenótipo.

Fenocópia: É uma característica fenotípica induzida pelas condições do ambiente e que se assemelha a uma característica fenotípica produzida por uma mutação genética. É impossível distinguir apenas por observação simples qual é o indivíduo com o fenótipo causado por uma mutação de um indivíduo que apresente uma característica do tipo fenocópia. As características de uma fenocópia não são hereditárias. A catarata adquirida normalmente pela idade é igual ao fenótipo da catarata congênita. A catarata adquirida é a fenocópia da catarata congênita. Outro exemplo é o nanismo hipofisário, provocado por função deficiente da glândula hipófise, simulando o nanismo acondroplásico, determinado por genes dominantes e que é uma característica transmissível aos descendentes.

Homozigoto ou puro: Um indivíduo é homozigoto para um determinado caráter quando possui os dois genes iguais, ou seja, um mesmo alelo em dose dupla. O homozigoto produz apenas um tipo de gameta, quer seja ele dominante ou recessivo.

Heterozigoto ou híbrido: Quando para uma determinada característica os alelos são diferentes. O heterozigoto pode produzir gametas dominantes ou recessivos.

Dominante: Um gene é dito dominante quando, mesmo estando presente em dose simples no genótipo, determina o fenótipo. O gene dominante se manifesta tanto em homozigoze, quanto em heterozigose.

Recessivo: O gene recessivo é aquele que, estando em companhia do dominante no heterozigoto, se comporta como inativo, não determinando o fenótipo. O gene recessivo só se manifesta em homozigose.

Cariótipo: Dá-se o nome de cariótipo ao conjunto de cromossomos da célula, considerando o número de cromossomos, sua forma e tamanho e a posição do centrômero.

Genoma: Dá-se o nome de genoma ao conjunto completo de genes típicos de uma espécie.

Saiba

Cientistas identificam gene ligado à esquizofrenia

A esquizofrenia é um distúrbio neurológico que altera a percepção da realidade, as emoções e os processos de raciocínio de uma pessoa. Os sintomas desta doença, que afeta cerca de 1% da população mundial, aparecem tipicamente durante os últimos anos da adolescência e entre 20 e 30 anos.

Em Nova York, a equipe do Dr. Michael F. Egan, do Instituto Nacional de Saúde Mental, descobriu em um gene específico – COMT – uma variante que parece estar associada à esquizofrenia.

"Encontrar genes responsáveis por doenças como esquizofrenia é muito difícil. Utilizamos uma nova abordagem para ajudar a encontrar esse gene. Enquanto a maioria dos estudos compara pacientes que apresentam esquizofrenia, nós incorporamos várias medidas da função pré-frontal", ressaltou Egan.

Em pesquisa realizada, todos os participantes tiveram seu DNA analisado para detectar a presença ou ausência do gene defeituoso. A cópia normal do gene COMT ajuda no processamento da dopamina, um neurotransmissor. A variante do gene é menos ativa.

Os pesquisadores descobriram que pessoas com esquizofrenia tiveram um desempenho inferior em um teste que avaliou suas habilidades mentais e que provavelmente este grupo tinha a cópia defeituosa do gene COMT.

"Nossos resultados mostram que a esquizofrenia é causada, em parte, por um gene que afeta os níveis de dopamina no córtex pré-frontal, a parte mais evoluída do cérebro", disse Egan.

O córtex pré-frontal é responsável pelo julgamento e pelo raciocínio abstrato. Por seus efeitos sobre os níveis de dopamina, o gene COMT aparentemente promove a "afinação" de neurônios específicos, permitindo às pessoas concentrar-se melhor durante certos tipos de funções mentais.

A cópia defeituosa desse gene reduz ligeiramente essa habilidade mental, e também produz um aumento no risco de desenvolver esquizofrenia.

O próximo passo é testar a ação dos medicamentos disponíveis que inibem o COMT com variação, para assim reduzir a intensidade da doença.

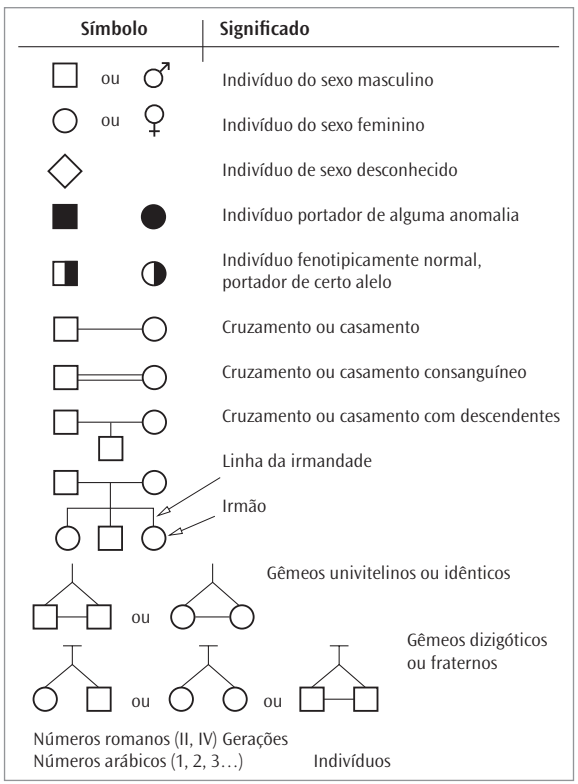
Fonte: Revista *Proceedings of the National Academy of Sciences*, Nova York, ed. 5, junho 2001.

Genealogia

Também conhecida como heredogramas ou *pedigrees*, é a forma de representar graficamente a herança de uma ou mais características genéticas de uma família.

Vamos conhecer os símbolos utilizados na construção da genealogia ou árvore genealógica.

Markus Steiger



Exemplo: Analisaremos um heredograma em que existe um indivíduo afetado pelo albinismo.

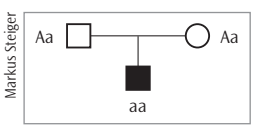
O albinismo é condicionado por um caráter recessivo, pois os pais são normais, mas portadores de um gene recessivo, que foi transmitido aos filhos: II – 3 e II – 5.

Convenciona-se usar letras para determinar os genes: usam-se maiúsculas para caráter dominante e minúsculas para caráter recessivo.

No exemplo citado, vimos que albinismo é o caráter recessivo: então as denominações dos genes serão:

fenótipo normal – AA ou Aa

fenótipo recessivo – aa



Conclui-se também que os indivíduos I – 1 e I – 2 são heterozigotos (Aa); e os indivíduos II – 3 e II – 5 são homozigotos (aa).

Importância da genética e hereditariedade

O termo "genética" foi aplicado pela primeira vez pelo biologista inglês William Bateson (1861–1926), com a finalidade de estudar os fenômenos relacionados à hereditariedade.

Hoje, a genética tem alcançado grandes avanços, permitindo que uma pessoa receba informações valiosas no que diz respeito ao mecanismo de sua herança genética.

A genética se encarrega de estudar desde o funcionamento celular. (exemplo a síntese de proteína, partindo do DNA que comanda essa síntese, ou pela observação dos cromossomos,

identificando casos de retardamento mental, defeitos congênitos e outras anomalias) até a manipulação dos genes, conhecida como engenharia genética, que estuda as possibilidades de alteração da composição genética dos indivíduos.

A genética é também a base da biotecnologia (ciência que usa seres vivos para a obtenção de produtos de interesse do homem). Como na agropecuária, em que os conhecimentos genéticos têm permitido a seleção e o melhoramento das raças de animais e espécies vegetais, aumentando sua resistência e produtividade – são os chamados seres transgênicos, animais e vegetais desenvolvido para pesquisas, que recebem genes de outras espécies. A genética é importante também no aconselhamento genético, que se faz necessário quando, em uma família, existe um ou mais casos de doenças hereditárias.

Engenharia genética

A engenharia genética é um conjunto de técnicas de laboratório que manipulam o DNA, o que permite modificar seres vivos. Desenvolvida a partir da década de 1970, essa tecnologia permite isolar e modificar genes e eventualmente enxertá-los em células diferentes das de origem. A engenharia genética trabalha diretamente com DNA recombinante, utilizando as seguintes técnicas:

Isolando um determinado gene de um organismo, ou de um conjunto de células, enxerta-se esse gene em uma célula de outro organismo, de tal forma que ela passe a funcionar nessa célula, duplicando-se normalmente e controlando a síntese proteica que codifica – é o DNA recombinante.

Essa técnica permitiu produzir substâncias úteis à indústria e à medicina, tais como: produção industrial da insulina para tratamento da diabete; produção de hormônios de crescimento nos tratamentos do nanismo, vacina contra a hepatite B, Interferon alfa, nos tratamentos antivirais e anticâncer. Outro fator de importância é a obtenção de animais e vegetais transgênicos.

Animais transgênicos são obtidos transferindo-se DNA de uma espécie para outra. No caso de mamíferos, a fecundação ocorre *in vitro*,

isto é, fora do corpo. Tão logo ocorra a fecundação, o DNA estranho é injetado no ovo. Os ovos injetados são implantados no útero da fêmea. De maneira geral o DNA injetado incorpora-se nos cromossomos da célula-ovo e é transmitido às gerações celulares seguintes.

Dessa forma, todas as células dos indivíduos transgênicos conterão o DNA injetado, e este será transmitido aos descendentes. O primeiro transplante de gene foi efetuado em 1981; injetando-se genes de hemoglobina de coelho em camundongos, obtiveram-se camundongos transgênicos.

Outro exemplo é o do transplante do gene da luciferase (enzima responsável pela bioluminescência de vagalumes) em planta de fumo. Quando as plantas transgênicas foram regadas com luciferina (substância utilizada como substrato para produção da luz) elas realizaram o processo que ocorre nos vagalumes e se tornaram luminescentes.

Um outro experimento deu-se com o isolamento do gene que amolece o tomate maduro. Inseriram uma cópia inversa desse gene, e conseguiram atrasar o apodrecimento do tomate. Assim os tomates geneticamente alterados podem passar mais tempo amadurecendo nos pés.

A manipulação dos genes e a obtenção do DNA recombinante resultaram dos conhecimentos bioquímicos e genéticos a respeito de bactérias e vírus.

Moléculas circulares de DNA bacteriano, denominados "plasmídios", possuem autonomia quanto à capacidade de duplicação. Quando uma bactéria portadora de plasmídio se divide, as bactérias-filhas recebem o DNA plasmidial. Dessa forma, os plasmídios se perpetuam através de gerações bacterianas. Os plasmídios também são transmitidos de uma bactéria a outra pelo processo sexuado de conjugação.

Os cientistas descobriram que os plasmídios podem incorporar pedaços de DNA do cromossomo bacteriano. Neste caso, os genes

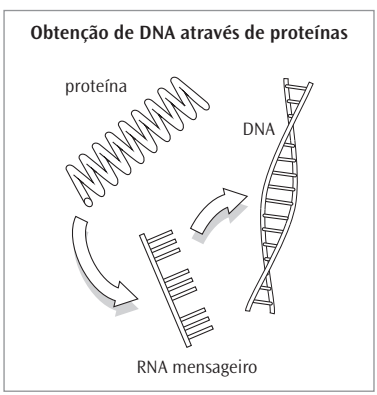
contidos nos segmentos incorporados funcionam normalmente e podem ser transmitidos de uma bactéria a outra.

Baseando-se nesses conhecimentos, cientistas conseguiram fazer com que pedaços de DNA de diferentes organismos fossem soldados no interior de tubos de ensaio, criando condições para formular novas combinações gênicas a partir do DNA de organismos diferentes.

O DNA recombinante é transplantado para o interior de uma célula hospedeira, por meio de um vírus que o parasita ou de um plasmídio bacteriano. Mas, para que isso seja possível, é necessário implantar na molécula transportadora o material genético que se deseja transferir para o hospedeiro.

A obtenção desse material pode dar-se de duas maneiras: por extração – a partir do organismo doador ou por síntese *in vitro* ou utilizando a proteína que se deseja produzir como modelo para obtenção do DNA, que codifica sua síntese.

Markus Steiger



Clonagem e suas aplicações

Foi no início de 1997, quando anunciada a clonagem (cópia artificial de um ser vivo) de um animal, que o assunto tomou vulto e ficou conhecido em todo o mundo.

Tratava-se da clonagem de uma ovelha, que recebeu o nome de Dolly. Para sua concepção, não houve necessidade de união de um óvulo com um espermatozoide, obedecendo às leis naturais.

De acordo com Ian Wilmut, embriologista escocês responsável pela experiência, os cientistas retiraram óvulos de uma ovelha adulta da raça Scottish Blackface (escocesa de cara preta), extraíram o seu núcleo e guardaram o resto.

De uma outra ovelha adulta da raça Finn Dorset, foram retiradas as células das glândulas mamárias. O núcleo foi retirado e guardado. Os componentes foram colocados em uma solução química para que permanessem em repouso; sem isso as células tendem a se dividir, o que estragaria o experimento.

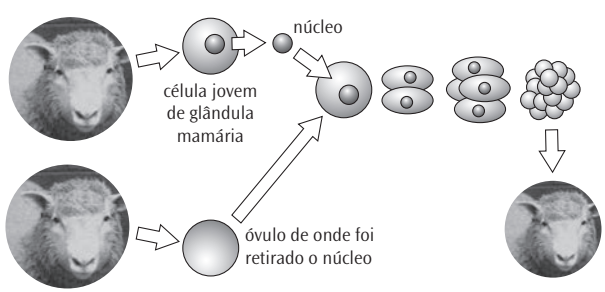
Os cientistas, em determinado momento, transferiram o núcleo da célula mamária para o óvulo da ovelha de cara preta: reconstruíram uma nova célula. Ela foi estimulada por impulsos elétricos e passou a se dividir.

Algumas dessas células foram transferidas para o aparelho reprodutor de uma outra ovelha estéril, a partir das quais se desenvolveu o embrião da ovelha Dolly.

Como foi retirado o núcleo do óvulo da ovelha de cara preta, ela não transmitiu suas características para Dolly, que é praticamente idêntica à sua mãe genética clara. A ovelha que serviu como mãe de aluguel, também não influenciou nas características de Dolly.

Divulgação/Roslin Institute

Como Dolly foi clonada



Markus Steiger

Clonagem e a bioética

A clonagem tem suscitado inúmeras discussões, não só a respeito da suas possibilidades, mas também sobre se seria ético ou não clonar um ser humano; com que finalidade seria feito isso? Até que ponto selecionar é vantajoso?

Desde que a ovelha Dolly foi apresentada, especialistas vêm debatendo as implicações decorrentes desses avanços. Seria possível usar o método desenvolvido pelo cientista escocês para criar corpos humanos especialmente para a produção de órgãos sobressalentes?

Hoje a clonagem já deixou de ser uma grande novidade científica, pois depois de Dolly, já foram criadas várias ninhadas de camundongos, todos perfeitamente iguais. Os métodos de clonagem caminham a passos rápidos, deixando de ser um furo científico para transformar-se, na prática, num procedimento rotineiro de laboratório.

Controle biológico

A palavra biotecnologia pode ser definida como o uso dos seres vivos para interesse humano.

O controle biológico é uma das técnicas utilizadas para combater e exterminar espécies que são indesejadas, evitando-se assim grandes prejuízos, principalmente na agricultura.

Essa técnica consiste em introduzir no ecossistema, infestado por alguns parasitas, um inimigo natural da espécie infestante, para que a densidade populacional dessa espécie se mantenha em níveis equilibrados com os recursos do meio ambiente.

Esse método é mais vantajoso do que o uso de agentes químicos, pois não polui o meio ambiente, mas pode causar desequilíbrios ecológicos.

Teste seu saber

1. (Fesp-PE) Todas as características relacionadas constituem exemplos de fenótipos, exceto:

a) estatura e formato do nariz
b) cor dos olhos
c) constituição genética
d) cabelo crespo

2. (PUC-SP) O cariótipo está relacionado com:

a) número de cromossomos
b) forma dos cromossomos
c) tamanho dos cromossomos
d) todas as alternativas anteriores
e) n.d.a.

3. (Cesesp-PE) O gene para o albinismo somente se expressa quando está em par, e situa-se no mesmo *locus* de cromossomos que possuem carga genética semelhante, sendo a cor da pele, o caráter normal, transmitida por um gene que se expressa, mesmo em dose simples. De acordo com as palavras destacadas, assinale o conceito que lhe parece correto, respectivamente:

a) homólogos – alelos – recessivos – dominantes
b) alelos – recessivos – alelos – homólogos
c) recessivos – dominantes – alelos – homólogos
d) recessivos – alelos – dominantes – homólogos
e) recessivos – alelos – homólogos – dominantes

4. (PUC-Campinas-SP) Enquanto o engenheiro constrói, manipulando materiais sem vida, o biólogo produz, manipulando genes. Daí o nome engenharia genética. Os exemplos são numerosos e importantes, tanto para produzir avanços ainda maiores na ciência como para desencadear aplicações práticas.

Observe, a esse respeito, os comentários abaixo:

I. Plasmídeo é um pequeno DNA circular extracromossomial, encontrado em bactérias, em geral, envolvido na resistência da bactéria a antibióticos. É uma ferramenta da engenharia genética, funcionando como vetor de DNA, podendo introduzir sequências recombinantes em células.

II. Clone significa um conjunto de indivíduos geneticamente idênticos, sejam eles gêmeos monozigóticos, mudas de roseira obtidas de pedaços de seu próprio caule ou planária que são obtidas partindo-se uma delas ao meio.

III. Enzimas de restrições cortam o DNA em locais específicos (palíndromos), criando fragmentos de tamanhos variados.

Estão corretas as observações:

a) I e II apenas
b) I e III apenas
c) II e III apenas
d) Apenas uma delas
e) Todas elas

5. (Fuvest-SP) Na meiose de uma espécie de planta, formam-se 16 tétrades ou bivalentes. Qual é o número diploide da espécie?

a) 4
b) 6
c) 16
d) 32
e) 64

6. (Fuvest-SP) Em determinada espécie animal, o número diploide de cromossomo é 22. Nos espermatozoides, nos óvulos e nas células epidérmicas dessa espécie, serão encontrados, respectivamente:

a) 22, 22 e 44 cromossomos.
b) 22, 22 e 22 cromossomos.
c) 11, 11 e 22 cromossomos.
d) 44, 44 e 22 cromossomos.
e) 11, 22 e 22 cromossomos.

7. (UMC-SP) A necessidade de uma comunicação mais exata entre os estudos de um mesmo ramo da ciência levou à criação de termos e conceitos específicos que devem ser utilizados com precisão e oportunidade.
Nesta questão, pede-se a definição de alguns termos ou conceitos utilizados com muita frequência na genética:

a) fenótipo
b) genótipo
c) genes alelos

(Unesp-SP)

Comissão vota a favor de pesquisa com células-tronco.

Depois de uma manhã de intensos debates, os parlamentares que integram a Comissão de Educação do Senado concederam uma vitória parcial à comunidade científica com relação às pesquisas de células-tronco retiradas de embriões humanos.

Parcial, porque apesar de votarem substitutivo de Lei de Biossegurança favorável às pesquisas, estas se limitaram apenas aos embriões que já estão congelados nas clínicas de fertilização, não abrangendo aqueles que virão a ser congelados depois de aprovada a lei.

Essa foi a solução encontrada pelos senadores para buscar o consenso entre a comunidade científica e setores ligados a alas regionais, que se opõem às pesquisas.

O texto acima faz menção a um assunto bastante polêmico: a utilização de células-tronco em terapias celulares. Esses tipos celulares vêm sendo muito estudados visto que:

a) por serem células indiferenciadas, elas possuem um potencial mitótico muito elevado, podendo se reproduzir de forma mais rápida que as células cancerosas, inibindo, portanto, a formação de tumores.

b) as células-tronco são indiferenciadas e podem se transformar em diversas células de diferentes tecidos. Desta forma, elas podem ser utilizadas no reparo de tecidos lesados. Um exemplo de suas múltiplas aplicações refere-se ao tratamento de doenças cardíacas, no qual elas podem substituir áreas lesadas novamente por células funcionais, restabelecendo a função contrátil do miocárdio.

c) as células-tronco podem se converter em qualquer célula de nosso organismo. Por isso, em alguns países, elas já estão sendo utilizadas em vacinas, uma vez que podem se transformar em anticorpos e combater diferentes tipos de parasitas.

d) as células-tronco, ao serem introduzidas na corrente sanguínea, são atraídas para as regiões do tecido lesado, onde se fixam e se diferenciam nas células do tecido em questão.

e) acredita-se, embora ainda não esteja provado, que as células-tronco podem se transformar em outros tipos de células e que podem ser úteis em

diversas terapias celulares. Entretanto, este argumento ainda é apenas uma teoria, pois ainda não houve nenhum indício cientifico oficial que comprove esta hipótese.

Resolução e comentários

As células-tronco não são usadas para combater células tumorais nem são utilizadas em vacinas, uma vez que não se diferenciam em anticorpos. Por outro lado, elas não são atraídas para regiões de tecidos lesados ao serem introduzidas na corrente sanguínea. Portanto, essas células devem ser inoculadas diretamente no tecido-alvo para serem eficazes na regeneração deste. Já está provado que as células-tronco podem ser úteis na regeneração de tecidos.

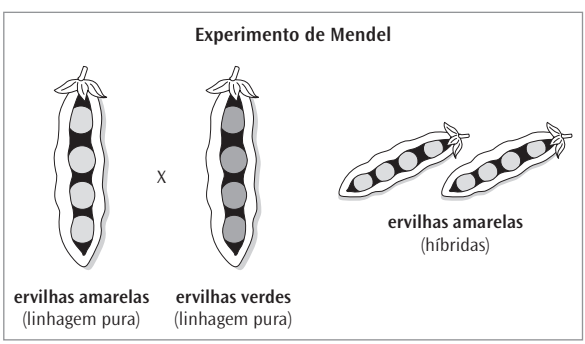
Portanto, a alternativa correta é a **b.**

16 Os trabalhos de Mendel

Gregor J. Mendel nasceu em 1822 e no ano de 1843 ingressou no mosteiro Altbriinn, que pertencia à Ordem dos Agostinianos, na antiga cidade de Bruiinn, Áustria, hoje Brno, República Tcheca. Com 25 anos, foi ordenado monge.

No mosteiro, além das atividades religiosas, Mendel cultivava exemplares da espécie *Pissum sativum*, a conhecida ervilha-de-cheiro. Utilizando seus conhecimentos em botânica e horticultura, realizou cruzamentos experimentais entre espécies de ervilhas puras, obtendo ervilhas híbridas.

Markus Steiger



Durante oito anos (1856 a 1864) Mendel realizou experimentos considerando características isoladas, isto é, trabalhando uma característica da planta de cada vez, como por exemplo: a cor verde ou amarela da semente, sua forma lisa ou rugosa, a forma da vagem lisa ou ondulada. Mendel contava o número de descendentes gerados em cada cruzamento de acordo com a característica analisada. Esses dados permitiram-lhe deduzir algumas das mais importantes leis que governam a hereditariedade.

Mendel estudou outros vegetais e também alguns animais, e a escolha pela ervilha não foi ao acaso, e sim por apresentar qualidades que facilitavam seu manuseio e suas pesquisas.

Ele realizou polinização cruzada para ter certeza dos resultados de seus cruzamentos intencionais e para evitar a autofecundação.

Em 1865, seus trabalhos foram apresentados para a Europa e América. Mas não foram alvo de interesse, e muito menos reconhecidos, permanecendo esquecidos por aproximadamente 35 anos.

Mendel morreu em 1884, sem ter recebido em vida o reconhecimento merecido.

Somente a partir de 1900, quando os estudos em genética se tornaram um trabalho sistematizado, três cientistas, Hugo De Vries (Holanda), Carl Corens (Alemanha) e Erick von Tschermak (Áustria), pesquisando independente e praticamente ao mesmo tempo, chegaram às mesmas conclusões às quais Mendel havia chegado, e todos reconheceram Mendel como o precursor da genética.

O princípio da dominância

As características estudadas por Mendel apresentam o princípio da dominância.

Quando uma espécie apresenta duas ou mais características fenótipicas, podemos deduzir que o locus gênico correspondente pode ser ocupado por fatores ou genes que determinam o mesmo caráter, mas as gerações fenotípicas podem se manifestar de diferentes maneiras.

Nos estudos de Mendel, eram levadas em consideração apenas duas alternativas fenotípicas para cada caráter estudado.

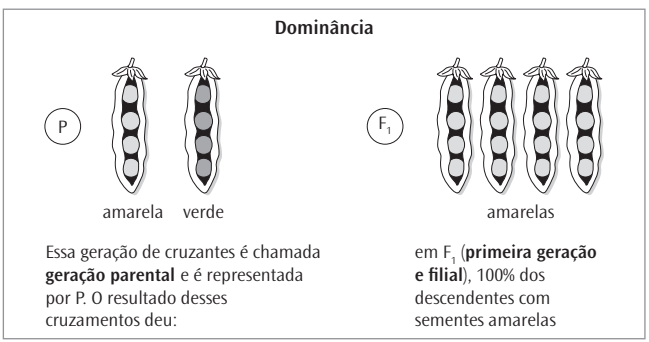
Exemplos: as plantas que possuem alelos iguais para ervilhas amarelas dão sempre ervilhas amarelas. As que possuem genes para ervilhas verdes dão sempre ervilhas verdes. E as que possuem, em um loci, gene para ervilhas verde e em seu loci alelo, gene para ervilha amarela, produzirão sempre ervilhas amarelas. De onde Mendel concluiu que o alelo que determina ervilha amarela é dominante sobre o alelo que determina a verde, que passa a ser recessiva.

A partir de cruzamentos entre indivíduos da geração $\mathbf{F_1}$ (primeiros filhos), Mendel observou que a dominância não se manifestava em relação a certas características.

Nesse caso, o descendente híbrido apresenta um aspecto diferente, como se fosse uma mistura dos dois indivíduos que lhe deram origem.

Na planta chamada maravilha, quando se cruzam plantas de flores brancas com plantas de flores vermelhas, seus primeiros descendentes apresentam todos uma coloração intermediária cor-de-rosa; é o caso de ausência de dominância.

Markus Steiger


Dominância
P
amarela
verde
Essa geração de cruzantes é chamada **geração parental** e é representada por P. O resultado desses cruzamentos deu:
F1
amarelas
em F1 (**primeira geração e filial**), 100% dos descendentes com sementes amarelas

A 1ª Lei de Mendel

Postulado da 1ª Lei

Cada caráter é condicionado por dois fatores. Eles se separam na formação dos gametas, indo apenas um fator para cada gameta.

Mendel iniciou seus trabalhos, obtendo, através de cruzamentos, linhagens puras de cada uma das características estudadas.

A partir daí passou a efetuar fecundação cruzada entre plantas de linhagens diferentes, e os descendentes foram chamados de híbridos. A geração constituída de puros era chamada geração **P** (ou parental).

Os descendentes da geração **P** originaram a geração $\mathbf{F_1}$ (primeira geração filial). Mendel autofecundou os descendentes da geração $\mathbf{F_1}$ e obteve a geração $\mathbf{F_2}$ (segunda geração filial).

A partir desses resultados em $\mathbf{F_2}$, Mendel definiu suas conclusões.

Analisando os resultados obtidos nas gerações $\mathbf{F_1}$ e $\mathbf{F_2}$:

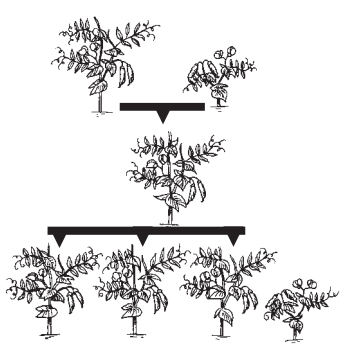
1º) Na geração F_1 desapareceu as plantas baixas.

2º) Na geração F_2 as plantas baixas ressurgem em todos os cruzamentos, na proporção de 3 x 1, ou seja, três plantas de fenótipos altos e uma de fenótipo baixo. Esse resultado foi repetido para todas as características estudadas.

Mendel percebeu que o caráter que determina a planta baixa não desaparecera em $\mathbf{F_1}$, havia se tornado oculto e em $\mathbf{F_2}$ reapareceu; com essa dedução, Mendel concluiu que cada característica é condicionada por um par de fatores (os fatores a que Mendel se refere são os genes) que existem em formas alternativas: um que determina planta alta e outro que determina planta baixa.

Markus Steiger

Testando a 1ª Lei de Mendel



P = planta alta x planta baixa

F_1 = 100% plantas altas

F_2 = 3 plantas altas e 1 planta baixa

Cada fator de um determinado par é recebido de um dos indivíduos da geração parental. Se os fatores forem diferentes, somente um se manifesta. O fator que se manifesta é o dominante, e o que não se manifesta é o recessivo.

Os dois fatores que determinam a mesma característica, separam-se durante a formação dos gametas, de modo que os gametas são sempre puros, pois possuem um único fator de cada par.

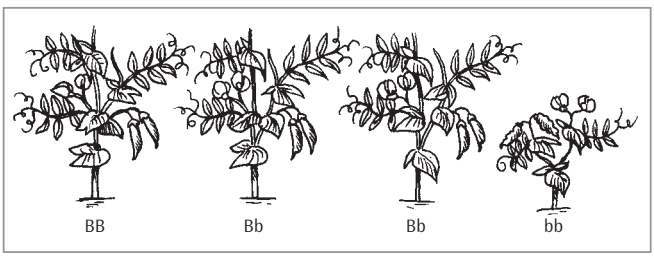
Essas conclusões integram o postulado da 1ª Lei de Mendel, também conhecida por **Lei da pureza dos gametas**.

Proporções mendelianas

Geração F_1 = 100% de plantas altas: os descendentes F_1 possuem os mesmos genótipos e fenótipos **(Bb)**.

Geração F_2 = encontram-se 3 plantas altas e 1 planta baixa.

Fabiana Fernandes



São encontrados ainda 3 genótipos diferentes:

25% ou ¼ das plantas altas são homozigotas: BB

50% ou ½ das plantas altas são heterozigotas: Bb

25% ou ¼ das plantas baixas são homozigotas: bb

E dois fenótipos:

Plantas BB e Bb = são altas e representam 75% ou ¾

Plantas bb = são baixas e representam 25% ou ¼

Essas combinações explicam as proporções genotípicas de 1:2:1, e fenotípicas de 3:1.

A 2ª Lei de Mendel

Conhecida também como Lei do Diibridismo, pois Mendel, após constatar a segregação independente dos alelos, na 1ª Lei, passou a investigar a reprodução das ervilhas, prestando atenção em dois caracteres ao mesmo tempo.

Em um dos cruzamentos Mendel considerou ao mesmo tempo os seguintes caracteres: a cor e a forma das sementes de ervilha, que podem ser:

- quanto à cor: amarela ou verde;
- quanto à forma: lisa ou rugosa.

A análise isolada dessas características mostrou que a cor amarela é dominante sobre a verde, e a forma lisa é dominante sobre a rugosa.

Como sempre, Mendel utilizou ervilhas puras na geração parental:

Geração P: Amarela (V V) e lisa (R R) com verde (v v) e rugosa (r r). Em F_1 obteve 100% de ervilhas amarelas - lisas (V v R r) heterozigotas (híbridos).

P = VVRR x vvrr
Gametas: VR x vr

Cruzando os gametas da geração parental, obtêm-se em F_1:

Gametas:

		V R	V R
	v r	V v R r	V v R r
F_1	v r	V v R r	V v R r

F_1: 100% VvRr (ervilhas amarelas lisas) indivíduos híbridos

Autofecundando os gametas descendentes híbridos de F_1, ele obteve:

F_1: V v R r x V v R r (genótipos)

Gametas: V R, V r, v R, v r x V R, V r, v R, v r

	VR	Vr	vR	vr
VR	VVRR	VVRr	VvRR	VvRr
Vr	VVRr	VVrr	VvRr	Vvrr
vR	VvRR	VvRr	vvRR	vvRr
vr	VvRr	Vvrr	vvRr	vvrr

Analisando F_2:

Genótipos	Fenótipos
V V R R (1) V V R r (2) V v R R (2) V v R r (4)	$\frac{9}{16}$ amarelas e lisas: as duas características são dominantes
V V r r (1) V v r r (2)	$\frac{3}{16}$ amarelas e rugosas: um caráter dominante e outro recessivo
V v R R (1) V v R r (2)	$\frac{3}{16}$ verde e lisa: um caráter recessivo e outro dominante
V v r r	$\frac{1}{16}$ verde e rugosa: dois caracteres recessivos

Proporção fenotípica: 9 · 3 · 3 · 1

Interpretação dos resultados da geração F_2

Analisando a geração F_2, Mendel concluiu que: a cor da ervilha independe da forma da ervilha ou vice-versa. Concluiu também que as características resultantes obedecem às proporções da 1ª Lei de Mendel: 3 dominantes para 1 recessivo.

Nas 16 combinações possíveis da geração F_2, evidencia que os genes para essas características segregam-se independentemente:

3 amarelas para 1 verde
3 lisas para 1 rugosa

Quando há dois ou mais pares de alelos, localizados em pares de cromossomos homólogos diferentes, cada um age e se segrega do outro independentemente, totalmente ao acaso e com a mesma probabilidade, na formação de gametas.

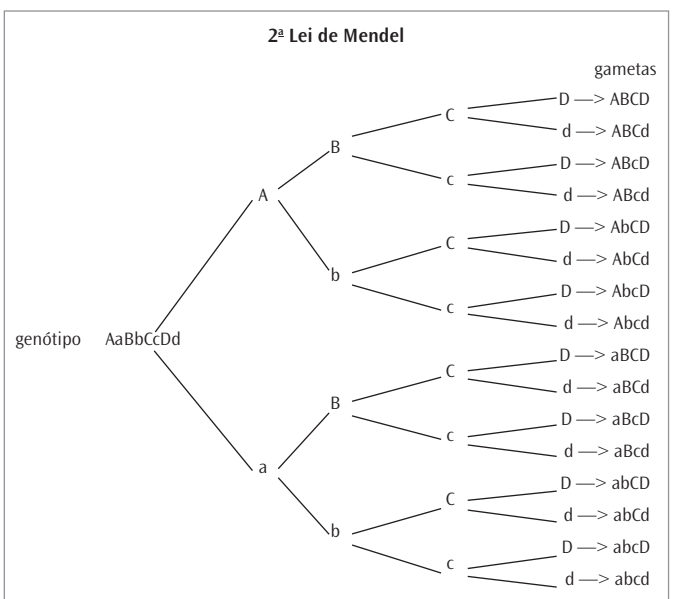
A 2ª Lei de Mendel e a formação dos gametas:

Conhecendo o genótipo de um indivíduo, podemos determinar quantos tipos de gametas o mesmo poderá gerar.

Essa quantidade é dada por 2^n, em que **n** é o número de pares de alelos em heterozigose, no genótipo analisado.

Um indivíduo de genótipo: AaBb produz quatro tipos de gametas ($2^2 = 4$) · AB; Ab; aB; ab, se forem considerados quatro pares de alelos (Aa; Bb; Cc; Dd) serão: $2^4 = 16$, serão 16 tipos de gametas.

Genótipo	Pares de heterozigotos	Tipos de gametas
AaBB	1	$2^1 = 2$
AABbCc	2	$2^2 = 4$
AaBbCc	3	$2^3 = 8$
AaBbCcDd	4	$2^4 = 16$
AaBbCCDdEeFf	5	$2^5 = 32$
AaBbCcDdEeFf	6	$2^6 = 64$



Formação dos gametas a partir de um genótipo.

Teste seu saber

1. (PUC-RS) Do casamento de Antônio com Marília, ambos normais para o caráter pigmentação da pele, nasceu Clarice, que é albina. Qual a probabilidade de o segundo filho desse casal ser também albino?

a) 100% b) 85% c) 60% d) 25% e) 10%

2. (Fuvest-SP) Considere um homem heterozigoto para o gene A, duplo recessivo para o gene D e homozigoto dominante para o gene F. Considere ainda que todos esses genes situam-se em cromossomos diferentes. Entre os gametas que poderão se formar encontraremos apenas a(s) combinação(ões):

a) AdF
b) AADDFF
c) AaddFF
d) AdF e adF
e) ADF e adf

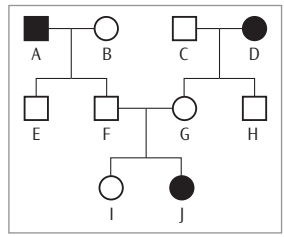
3. (PUC - Campinas - SP) Qual é a probabilidade de um casal de duplo heterozigoto para dois pares de genes autossômicos com segregação independente vir a ter um descendente com apenas uma características dominantes?

a) $\frac{15}{16}$
b) $\frac{9}{16}$
c) $\frac{6}{16}$
d) $\frac{3}{16}$
e) $\frac{1}{16}$

4. (Fuvest-SP) Em plantas de ervilhas, ocorre, normalmente, autofecundação. Para estudar os mecanismos de herança, Mendel fez fecundações cruzadas, removendo as anteras da flor de uma planta homozigótica de alta estatura e colocando, sobre seu estigma, pólen recolhido da flor de uma planta homozigótica de baixa estatura. Com esse procedimento, o pesquisador:

a) impediu o amadurecimento dos gametas femininos.
b) trouxe gametas femininos com alelos para baixa estatura.
c) trouxe gametas masculinos com alelos para baixa estatura.
d) promoveu o encontro de gametas com os mesmos alelos para estaturas.
e) impediu o encontro de gametas com alelos diferentes para estatura.

5. Analise a genealogia:



Sabendo que os indivíduos A, D e J são albinos e que os demais apresentam pigmentação normal, responda:

a) Qual o caráter (albinismo ou normalidade) condicionado por um gene recessivo e quais os indivíduos que permitem essa conclusão?

b) Quais os indivíduos homozigotos e heterozigotos obrigatórios?

c) Quais os indivíduos cujo genótipo não se pode determinar com absoluta certeza?

d) Se a mulher se casar com um indivíduo albino, qual a condição para que nasçam filhos albinos?

e) Qual a probabilidade de F e G terem um filho (não importa o sexo) albino?

6. **(Fuvest-SP) Em abóboras, a cor do fruto (branco ou amarelo) é controlada por um par de genes. Uma planta homozigota com frutos brancos foi cruzada com uma planta homozigota com frutos amarelos. A descendência desse cruzamento foi inteiramente constituída por plantas com frutos brancos. O cruzamento entre as plantas dessa descendência produziu 132 abóboras, que foram colhidas por um agricultor.**

a) Quantos frutos amarelos e quantos brancos, desses 132, o agricultor espera obter?

b) Quantos, desses 132 frutos, espera-se que sejam homozigotos?

7. **(PUC-SP) Em uma determinada espécie vegetal, foram analisadas duas características com segregação independente: cor da flor e tamanho da folha. Os fenótipos e genótipos correspondentes a essas características estão relacionados abaixo:**

Cor da flor		Tamanho da folha	
Fenótipos	**Genótipos**	**Fenótipos**	**Genótipos**
Vermelho	VV	Largo	LL
Róseo	VB	Intermediário	LE
Branco	BB	Estreito	EE

Se uma planta de flor rósea, com folha de largura intermediária, for cruzada com outra do mesmo fenótipo, qual a probabilidade de se obterem:

a) plantas com flor rósea e folha de largura intermediária?

b) plantas simultaneamente homozigotas para as duas características?

8. **(Vunesp-SP) Observe os cruzamentos, onde o alelo A condiciona a cor amarela em camundongos e é dominante sobre o alelo a, que condiciona a cor cinza.**

Cruzamento I		Cruzamento II
Aa X Aa		Aa X aa
240 amarelos		240 amarelos
120 cinza		240 cinza

Analise os resultados destes cruzamentos e responda:

a) Qual cruzamento apresenta resultado de acordo com os valores esperados?

b) Como você explicaria o resultado do cruzamento em que os valores observados não estão de acordo com os valores esperados?

9. **(Fuvest-SP) Em uma espécie de planta, a cor amarela da semente é dominante sobre a cor verde e a textura lisa da casca da semente é dominante sobre a rugosa e estão em cromossomos diferentes. Da autofecundação de uma planta duplo-heterozigota, foram obtidas 800 plantas. Qual o número esperado de plantas:**

a) Com sementes verde-rugosas?

b) Com sementes amarelas?

Descomplicando a Biologia

(Fuvest-SP) Uma população experimental contém 200 indivíduos AA, 200 aa e 200 Aa. Todos os indivíduos AA foram cruzados com indivíduos aa e os indivíduos Aa foram cruzados entre si. Considerando que cada produziu 2 descendentes, espera-se encontrar entre os filhotes:

a) 50 AA; 500 Aa e 50 aa;
b) 100 AA; 400 Aa e 100 aa;
c) 100 AA; 1000 Aa e 100 aa;
d) 200 AA; 200 Aa e 200 aa;
e) 200 AA; 800 Aa e 200 aa.

Resolução e comentários

Para solucionarmos esse tipo de problema, devemos montar as tabelas de cruzamento e nos lembrar que no primeiro caso serão formados 200 casais e, no segundo caso, apenas 100 casais. Teremos, portanto:

200 A x 200 aa

aa \ AA	Gameta A
Gameta a	400 Aa

400 indivíduos Aa

100 Aa x 100 Aa

Aa \ Aa	Gameta A	Gameta a
Gameta A	50 AA	50 Aa
Gameta a	50 Aa	50 aa

50 indivíduos AA, 100 Aa e 50 aa

Concluindo, serão formados 50 filhotes AA, 500 Aa e 50 filhotes aa. Assim, a alternativa **a** é a resposta correta.

17 Alterações das proporções mendelianas

Semidominância

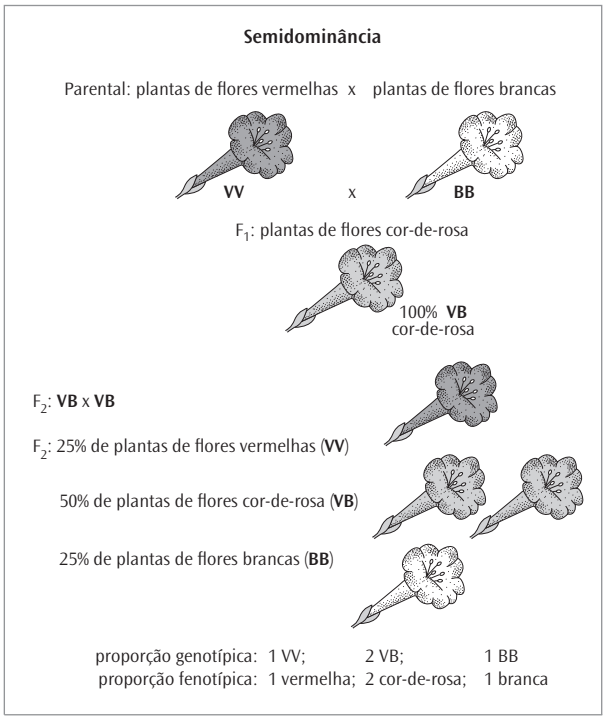
Nas sete características estudadas por Mendel, havia sempre duas variedades facilmente distinguíveis, pois sempre existiu um gene alelo dominante que ocultava totalmente a manifestação do outro gene alelo recessivo.

Mendel observou que, em alguns casos, a dominância de uma característica sobre a outra não acontecia, de maneira que o híbrido ou heterozigoto passa a apresentar um fenótipo diferente e intermediário em relação aos pais homozigotos, e as proporções: 3 fenótipos dominantes para 1 fenótipo recessivo, determinados na 1ª Lei não se mantinham. Quando ocorre tal fenômeno, fala-se em **semidominância**.

Neste caso, do cruzamento entre dois heterozigotos, obtêm-se proporções fenotípicas iguais às proporções genotípicas.

Por exemplo, nas plantas chamadas maravilha, quando se cruzam plantas de flores vermelhas com plantas de flores brancas ocorre o seguinte: nascem plantas de flor rosa, um fenótipo intermediário aos pais. Na geração F_2 a proporção fenotípica é de 1.2.1.

Markus Steiger


Semidominância
Parental: plantas de flores vermelhas x plantas de flores brancas
VV
x
BB
F1: plantas de flores cor-de-rosa
100% VB
cor-de-rosa
F2: VB x VB
F2: 25% de plantas de flores vermelhas (VV)
50% de plantas de flores cor-de-rosa (VB)
25% de plantas de flores brancas (BB)
proporção genotípica: 1 VV; 2 VB; 1 BB
proporção fenotípica: 1 vermelha; 2 cor-de-rosa; 1 branca

Genes letais

Genes letais são aqueles que provocam a morte nos indivíduos. Essa morte pode ocorrer no período de vida embrionária ou na fase pós-natal; geralmente ocorre antes de o indivíduo se tornar adulto.

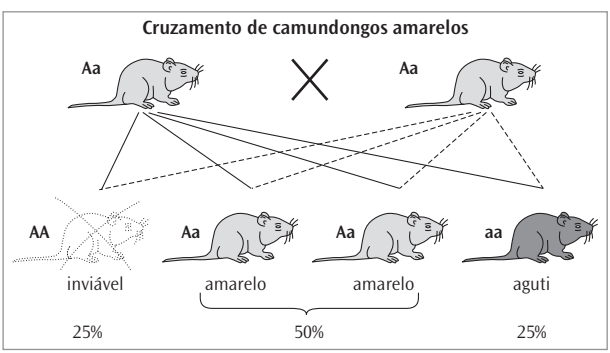
Os genes letais podem ser dominantes ou recessivos. São dominantes quando, em homozigose ou heterozigose, provocam a morte do indivíduo. São recessivos quando provocam a morte somente em homozigose.

Um dos casos mais expressivos de genes letais foi estudado em 1905 pelo geneticista francês Cuenot. Ele observou que cru-

zamentos entre camundongos – considerando a cor do pelo dos camundongos, que é determinada por um par de alelos com relação de dominância – não davam os resultados esperados de acordo com as proporções mendelianas. Pois, quando cruzava camundongos amarelos, obtinha, em sua descendência, camundongos amarelos e pretos na proporção de 2 amarelos para 1 preto, em vez de 3 amarelos para 1 preto.

Após estudos científicos, Cuenot verificou que o indivíduo portador de dois genes dominantes (AA) chegava a se formar, mas morria no útero antes de nascer. Então, ele propôs que o gene (A) em dose dupla era letal, ou seja, provocava a morte dos indivíduos. Assim, pode-se notar que este gene é dominante quanto ao caráter cor da pelagem, mas se comporta como recessivo em relação à letalidade, pois precisa estar em homozigose para provocar a morte do indivíduo.

Ivan Coutinho



O cruzamento de dois camundongos amarelos (Aa x Aa) resulta na proporção de dois camundongos amarelos para um camundongo cinza. O homozigoto **CC** morre dentro do útero, o que explica a não ocorrência da proporção fenotípica esperada de 3:1.

A talassemia — anemia que ocorre em populações das regiões que limitam o Mediterrâneo — é determinada por um gene (T), sendo seu alelo recessivo t responsável pelos genótipos normais. Os indivíduos de genótipos (TT) apresentam uma anemia incompatível

com a vida. É a chamada talassemia major. Os indivíduos de genótipo (Tt)sobrevivem e apresentam uma forma leve da anemia. Os indivíduos (tt) são normais. O gene (T), que condiciona a talassemia, comporta-se como recessivo, pois é letal somente em homozigose.

Outro exemplo de genes letais é a anemia falciforme ou siclemia, comum na África, causada pela substituição de um aminoácido nas cadeias de molécula da proteína hemoglobina. O portador apresenta as hemácias em forma de foice. O comportamento da doença é idêntico genotipicamente e fenotipicamente ao da talassemia.

Herança determinada por alelos múltiplos (polialelia)

Um par de alelos com dominância ou não determina um caráter, mas existe herança na qual se verifica a existência de dois ou mais alelos para um mesmo locus, surgidos provavelmente por mutações gênicas ao longo dos tempos. Embora exista uma variedade de genes para o mesmo locus, a polialelia não foge aos princípios da 1ª Lei de Mendel, pois apenas dois deles determinam a característica fenotípica nos indivíduos.

Como exemplo de polialelia citaremos a cor da pelagem em coelhos e os grupos sanguíneos humanos.

Cor da pelagem dos coelhos

Para determinar a cor da pelagem dos coelhos, existe uma série de quatro genes alelos para um mesmo locus. Isso explica os quatro diferentes fenótipos de coelhos, quanto à cor da pelagem. São eles: aguti ou selvagem, chinchila, himalaia e albino.

Nos coelhos do tipo selvagem ou aguti, os pelos apresentam coloração marrom-escura ou preta, com mesclagem amarela nas extremidades.

Na variedade chinchila, os pelos apresentam coloração cinza-clara ou cinza prateada.

Os coelhos himalaia caracterizam-se pela pelagem toda branca, exceto nas extremidades das orelhas, das patas, da cauda e do focinho, que são pretas.

Os coelhos albinos são todos de pelagem branca.

Cada tonalidade de pelos é determinada por um alelo diferente:

O gene **C** determina a variedade selvagem ou aguti e é dominante em relação aos demais alelos.

O gene $\mathbf{c^{ch}}$ determina a variedade chinchila e é dominante em relação aos alelos responsáveis pelas variedades himalaia e albino.

O gene $\mathbf{c^{h}}$ determina a variedade himalaia e é dominante em relação à variedade de albino.

O gene $\mathbf{c^{a}}$ determina a variedade albina e é recessivo em relação às demais.

Há, portanto, uma relação de dominância de um gene sobre o outro:

$$C > c^{ch} > c^{h} > c^{a}$$

Como consequência dessa relação, os quatro genes, agrupando-se dois a dois na formação dos genótipos, podemos obter dez diferentes genótipos, para quatro diferentes fenótipos:

Fenótipos	Genótipos
selvagem ou aguti	CC, Cc^{ch}, Cc^{h}, Cc^{a}
chinchila	$c^{ch}c^{ch}$, $c^{ch}c^{h}$, $c^{ch}c^{a}$
himalaia	$c^{h}c^{h}$, $c^{h}c^{a}$
albino	$c^{a}c^{a}$

Grupos sanguíneos

A herança dos grupos sanguíneos na espécie humana (sistema ABO) é um caso clássico de polialelia.

Por volta de 1900, Karl Landsteiner, interessado nos estudos sobre transfusões sanguíneas, pois estas ofereciam grande risco de mortalidade devido à aglutinação do sangue, demonstrou que esse problema ocorria devido à presença de anticorpos no plasma sanguíneo que reagiam com antígenos correspondentes existentes nas hemácias. Landsteiner confirmou também a não existência, no sangue de um mesmo indivíduo, de anticorpos correspondentes aos antígenos presentes nas suas hemácias. Baseando-se nessas descobertas, concluiu a existência, na espécie humana, de quatro tipos sanguíneos básicos, que constituem o chamado sistema ABO, os grupos: **AB**, **A**, **B** e **O**.

Para melhor entender os aspectos que envolvem o sistema ABO, é importante ter noção de relações antígenos x anticorpos.

Antígenos são proteínas específicas que atuam como corpo estranho no organismo. Na presença de antígenos, o organismo elabora proteínas de defesa denominadas **anticorpos**.

O anticorpo, uma vez elaborado, combina-se com o antígeno, neutralizando seu efeito. Essa reação entre antígenos e anticorpos constitui a defesa do organismo.

Vimos que no sistema ABO distinguem-se quatro grupos sanguíneos. Veremos o que faz a pessoa pertencer a um ou outro grupo sanguíneo.

Nas hemácias (glóbulos vermelhos do sangue), podem ser encontradas duas proteínas denominadas aglutinogênio A e aglutinogênio B, responsáveis pela determinação do fenótipo sanguíneo.

O plasma sanguíneo, por sua vez, pode abrigar outras duas proteínas denominadas aglutinina anti-A e aglutinina anti-B. Os aglutinogênios e as aglutininas de mesmo nome não podem encontrar-se no mesmo indivíduo, pois isso desenvolveria reações do tipo antígeno x anticorpos.

Assim sendo:

Tipo de sangue	Aglutinogênio (hemácias)	Aglutinina (plasma)
A	A	Anti-B
B	B	Anti-A
AB	A e B	—
O	—	Anti-A e Anti-B

Possíveis transfusões sanguíneas

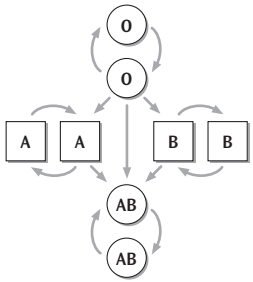
Para que uma transfusão se concretize, há necessidade de um conhecimento prévio da tipagem do sangue do receptor e do sangue do doador, pois são inviáveis as transfusões em que o sangue doado contenha aglutinogênios que encontrarão no receptor as aglutininas contrastantes.

Exemplificando: se o sangue doado apresentar aglutinogênio A, o sangue do receptor não pode conter aglutininas anti-A. Se o sangue doado contiver aglutinogênios B, o receptor não pode apresentar aglutininas anti-B.

Assim, um indivíduo do grupo A só poderá receber sangue igual ao seu ou então do tipo O, já que este não possui aglutinogênios. Igualmente ocorre com indivíduos do grupo sanguíneo B, que receberão sangue igual ao seu ou do tipo O.

Os indivíduos do grupo sanguíneo AB, em virtude de possuírem ambos os antígenos, podem receber qualquer tipo de sangue.

Já os indivíduos portadores do tipo O, por não apresentarem qualquer um dos antígenos, só podem receber sangue do tipo O, ou seja, igual ao seu.



Grupo sanguíneo	Pode doar a	Pode receber de
A	A e AB	A e 0
B	B e AB	B e 0
AB	AB	A, B, AB, 0
0	0, A, B, AB	0

Esquemas simplificados das possíveis transfusões sanguíneas.

Indivíduos do tipo O, por doarem sangue a todos os demais grupos, são denominados doadores universais.

O grupo AB, por doar somente para indivíduos AB e receber de todos os demais, são denominados receptores universais.

Determinação genotípica e fenotípica do sistema ABO

A herança dos grupos sanguíneos é determinada por uma série de alelos múltiplos (polialelia). E que são três os envolvidos.

O gene I^A- e I^B são co-dominantes, ou seja, quando juntos expressam seus efeitos.

Ambos os genes I^A e I^B são dominantes em relação a i. Pode-se estabelecer, então, as seguintes relações entre genótipos e fenótipos para o sistema ABO.

Fenótipos	Genótipos
Grupo A	$I^A I^A$, $I^A i$
Grupo B	$I^B I^B$, $I^B i$
Grupo AB	$I^A I^B$
Grupo O	i i

Relação de dominância $I^A = I^B > i$

Fator Rh

A partir do sangue do macaco Rhesus, o Dr. Landsteiner e o Dr. Wiener descobriram, em 1940, um outro sistema de grupos sanguíneos. Quando injetavam sangue do macaco Rhesus em cobaias, provocavam nesses animais a fabricação de anticorpos contra o sangue do macaco.

Em razão dessa reação concluíram que existia nas hemácias do macaco um antígeno, o qual denominaram *Rh* ou *fator Rhesus*.

Os anticorpos produzidos pelas cobaias receptoras foram denominados aglutininas anti-Rh.

Os cientistas observaram ainda que os anticorpos produzidos pelas cobaias, que aglutinavam as hemácias do macaco, também as aglutinavam em cerca de 85% dos indivíduos testados em amostragem.

Os indivíduos cujas hemácias eram aglutinadas pelo soro anti-Rh foram denominados Rh positivo (Rh+) e quando não ocorreu aglutinação foram denominados Rh negativo (Rh-). O soro anti-Rh é atualmente mais conhecido como soro anti-D.

Transfusão sanguínea quanto ao Fator Rh

Se o indivíduo for Rh negativo e receber sangue Rh positivo, o seu sistema imunológico fabricará anticorpos contra esse antígeno. Esses antígenos fabricados permanecerão no indivíduo, e caso ele venha a receber novamente uma transfusão com sangue Rh^+, as hemácias serão aglutinadas, podendo inclusive pôr em risco a sua vida.

Levando-se em conta os fatores citados, as transfusões que podem ser feitas são:

Rh^+ _____ doa para Rh^+
Rh^- _____ doa para Rh^- e para Rh^+

Determinação genotípica e fenotípica do fator Rh

O fator Rh é condicionado por um par de alelos "R" e "r" ou "D" e "d".

O gene "R" ou "D" condiciona a produção do antígeno – fator Rh.

O gene "r" ou "d" condiciona a não produção do fator Rh.

Sabendo que "R" é dominante em relação ao seu alelo "r", podemos concluir que existem três genótipos para dois fenótipos.

Genótipos	Fenótipos
Rh^+	RR, Rr ou DD, Dd
Rh^-	rr ou dd

Eritroblastose fetal ou doença hemolítica do recém-nascido

Vimos que o fator Rh também atua como antígeno em indivíduos Rh negativo.

Na gravidez, pode ocorrer incompatibilidade entre o sangue da criança e o de sua mãe quanto ao fator Rh, podendo acarretar sérios prejuízos à criança e até levá-la à morte.

Essa incompatibilidade somente ocorrerá quando a mãe for Rh negativo, e a criança, Rh positivo.

A mãe, sendo Rh^-, não possui o fator Rh; apesar da existência da proteção da placenta, é comum, principalmente no momento do parto, o rompimento de vasos sanguíneos da placenta, o que permite o intercâmbio de sangue entre mãe e filho. Sendo a criança Rh^+, o organismo materno produzirá aglutininas anti-Rh. Essas, por sua vez, passam para a circulação da criança, onde reagirão com as hemácias dela, aglutinando-as e destruindo-as. Como a produção de aglutininas é lenta, dificilmente alcançará uma taxa que possa prejudicar a criança, na primeira gestação. Mas se nova gestação ocorrer, e a criança for Rh^+, corre-se o risco de os anticorpos da mãe atravessarem a placenta e destruírem as hemácias do filho por hemólise. Daí o nome de doença hemolítica do recém-nascido (DHRN).

A manifestação da doença na criança é caracterizada por: anemia profunda acompanhada de liberação de eritoblastos na corrente sanguínea; icterícia, pele com coloração amarela devido à presença

de bilirrubina (pigmento derivado da hemoglobina); fígado e baço com volumes aumentados; possíveis lesões mentais, decorrentes do acúmulo de hemoglobina no cérebro.

Existe uma medida profilática para as mães Rh^-. Esta profilaxia consiste em aplicar na mãe uma dose de vacina, contendo aglutinina anti-Rh logo após o parto. A função da vacina é destruir as hemácias do filho que passarem para o sangue da mãe, e, com as hemácias destruídas, a mãe não será induzida a produzir mais aglutininas anti-Rh, afastando o perigo de a doença se manifestar numa próxima gestação, sendo a criança Rh^+.

Fator MN

Em 1927, dois novos aglutinogênios foram descobertos e estudados por Landsteiner e Levine. Esses aglutinogênios encontram-se nas hemácias humanas e receberam a denominação de M e N.

A produção desses aglutinogênios (antígenos) é condicionada por um par de alelos:

M possui o aglutinogênio M em suas hemácias. Seu sangue reage com o soro anti-M, mas não com o anti-N.

N possui o aglutinogênio N em suas hemácias. Seu sangue reage com o soro anti-N, mas não com o anti-M.

MN possui os aglutinogênios M e N em suas hemácias. Seu sangue reage com os soros anti-M e anti-N.

Determinação genotípica e fenotípica do sistema MN

Fenótipos	Genótipos
Grupo M	MM
Grupo N	NN
Grupo MN	MN

Entre M e N não há dominância.

Normalmente as transfusões não oferecem riscos para a espécie humana, pois os anticorpos anti-M e anti-N não são encontrados no sangue humano.

Teste seu saber

1. (Unifor-CE) Numa determinada espécie vegetal, não há dominância quanto ao caráter cor vermelha e cor branca das flores, tendo o heterozigoto flor de cor rosa. A probabilidade de se obter uma planta de flor vermelha, a partir do cruzamento de uma planta de flor branca com uma de flor rosa é:

a) 25,00%
b) 18,75%
c) 12,75%
d) 6,25%
e) nula

2. (UNIP-SP) Em camundongos, o genótipo aa é cinza; Aa é amarelo e AA morre no início do desenvolvimento embrionário. Que descendência se espera do cruzamento entre um macho amarelo e uma fêmea amarela?

a) $\frac{1}{2}$ amarelos: $\frac{1}{2}$ cinzentos
b) $\frac{2}{3}$ amarelos: $\frac{1}{3}$ cinzentos
c) $\frac{3}{4}$ amarelos; $\frac{1}{4}$ cinzentos
d) $\frac{2}{3}$ cinzentos; $\frac{1}{3}$ amarelos
e) apenas amarelos.

3. (Cesgranrio-RJ) Em coelhos, conhecem-se alelos para a cor de pelo: C (selvagem), c^{ch} (chinchila), c^{h} (himalaia) e c^{a} (albino). A ordem de dominância de um gene sobre outro ou outros é a mesma em que foram citados. Cruzando-se dois coelhos várias vezes, foram obtidas várias ninhadas. Ao final de alguns anos, a soma dos descendentes deu 78 coelhos himalaias e 82 coelhos albinos. Quais os genótipos dos coelhos cruzantes?

a) Cc^{h} X c^{ch} c^{a}
b) CC X c^{a} c^{a}
c) c^{ch} c^{a} X c^{a} c^{a}
d) c^{h} c^{a} X c^{a} c^{a}
e) c^{ch} c^{h} X c^{a} c^{a}

4. (FMU-SP) Uma pessoa foi informada de que não pode doar sangue nem para seu pai, que é grupo sanguíneo "A", nem para sua mãe, que é do grupo "B". Podemos concluir que essa pessoa:

a) pertence ao grupo A
b) pertence ao grupo B
c) pertence ao grupo AB
d) pertence ao grupo O
e) possui tanto anticorpos anti-A como anticorpos anti-B

Descomplicando a Biologia

(Fuvest-SP) Na *Revista Nature*, em 11 de agosto de 2005, foi publicado uma carta em que os autores sugeriram que as histórias do jovem "bruxo" Harry Potter, escrita por J. K. Rowlig, poderiam ser úteis no ensino da hereditariedade. Nessas histórias, os indivíduos podem ser "bruxos" ou "trouxas".

I. Harry Potter é filho único de um casal de bruxos.

II. O amigo de Potter, Ron Weasley, é "bruxo" e tem pai e mãe "bruxo". Os irmãos de Ron, Fred e George, e sua irmã Gina também são "bruxos".

III. A jovem "bruxa" Hermione nasceu do casamento entre uma "trouxa" e um "trouxa".

IV. O "bruxo" Draco Malfoy, inimigo de Potter, tem pai e mãe "bruxos".

Com base nessas informações, responda:

a) Supondo que ser "bruxo" ou "trouxa" é um caráter hereditário monogênico, qual(quais) das famílias permite(m) concluir que o gene que determina tal característica não se localiza no cromossomo X? Justifique.

b) O "bruxo" Draco Malfoy despreza pessoas como Hermione, que têm pais "trouxas", pois se considera um "bruxo" de sangue puro. Se vierem a se casar com "bruxo", quem tem maior probabilidade de ter crianças "bruxas", Draco ou Hermione? Por quê?

Resolução e comentários

a) A família III permite concluir que o gene para tal característica ("bruxo" ou "trouxa") não se localiza no cromossomo X. Isso porque, se o gene do caráter "bruxo" fosse recessivo e ligado ao X, o pai de Hermione seria obrigatoriamente um "bruxo". Caso o gene fosse dominante e ligado ao X, pelo menos um dos pais seria "bruxo". Trata-se, assim, de um caso de herança autossômica, em que o gene recessivo determina o fenótipo "bruxo".

b) Tanto Draco (aa) quanto Hermione (aa), caso se casem com "bruxos" (aa), terão a mesma probabilidade (100%) de terem crianças "bruxas" (aa).

18 Determinação genética do sexo e ligação ao sexo

Determinação do sexo

As primeiras observações sobre as diferenças entre os cromossomos masculino e feminino datam de 1891 e, a partir de 1905, utilizando microscópio, cientistas constataram a existência, em muitas espécies, de um par de cromossomos que se diferenciava dos demais; deram-lhe o nome de cromossomos sexuais ou heterocromossomos.

Os sistemas XY, XO, ZW, ZO

Foi constatado que, na maioria das espécies, o par que se diferencia dos demais, nas fêmeas, era constituído por cromossomos idênticos. Já nos machos, um dos cromossomos era idêntico ao encontrado nas fêmeas, e o outro apresentava-se morfologicamente diferente.

Aos três cromossomos idênticos deu-se o nome de cromossomo "X". E ao cromossomo que se diferencia morfologicamente, no macho, deu-se o nome de "Y", o qual possui genes que determinam o sexo masculino.

Sistema XY

Na grande maioria dos vertebrados, em alguns invertebrados e nas plantas que produzem flores, o sexo feminino é representado por "XX" e o masculino por "XY". Os cromossomos sexuais são denominados heterocromossomos ou alossomos, e os demais, autossômicos. A espécie humana apresenta em suas células diploides 23 pares de cromossomos, dos quais 22 pares são autossomos. No sexo feminino, o último par é constituído por dois cromossomos

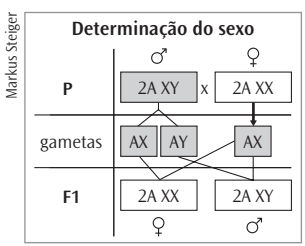
"X". No sexo masculino, o último par é constituído por um cromossomo "X" e outro "Y".

Sabemos que a meiose é o processo de divisão celular que dá origem aos gametas. Assim, metade dos espermatozoides é "X", e metade é "Y". Já no sexo feminino, todos os óvulos contêm o cromossomo "X". Os machos são, portanto, heterogaméticos, e as fêmeas, homogaméticas para o sexo.

Existem as seguintes fórmulas para representá-los:

sexo masculino 2 A XY
sexo feminino 2 A X X

No sistema "X Y", o sexo é determinado pelo gameta masculino que fecunda o óvulo, pois somente ele pode portar o cromossomo "Y".



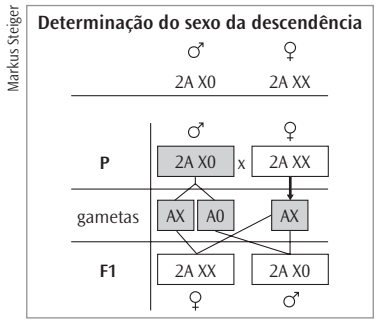
Sistema XO

O sistema "X O" é encontrado em insetos como gafanhoto, besouro percevejo, barata etc.

Nesse sistema, os machos são 2 A X O, e as fêmeas são 2 A X X.

O sexo heterogamético é o masculino, pois produz dois tipos de gametas quanto aos cromossomos sexuais: um que apresenta o cromossomo "X" e outro desprovido de cromossomo sexual. As

fêmeas são o sexo homogamético, pois produzem apenas um tipo de gameta: o "A X".

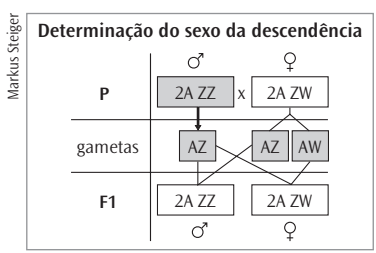


Sistema ZW

No sistema "ZW", comum nas aves, borboletas, mariposas, alguns peixes, bicho-da-seda, ocorre o contrário dos demais sistemas, pois a fêmea apresenta dois cromossomos sexuais diferentes, sendo o sexo feminino o heterogamético "ZW", e o masculino, o homogamético "ZZ".

Representando-se por "A" o conjunto haploide de autossomos, têm-se as seguintes fórmulas cromossômicas:

Macho: 2 A Z Z
Fêmea: 2 A Z W

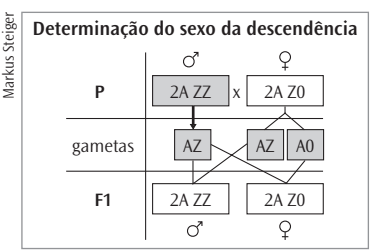


Sistema ZO

Encontrado em galinhas domésticas e répteis.

Nesse sistema, a fêmea é "ZO" e o macho "ZZ". Assim, a fêmea é o sexo heterogamético, e o macho é o sexo homogamético. Representando-se por "A" o conjunto haploide de autossomos, têm-se a seguintes fórmulas cromossômicas:

Macho: 2 A Z Z
Fêmea: 2 A Z 0



O balanço gênico

Estudos realizados para determinar o sexo da mosca *Drosophila melanogaster* demonstraram que a determinação do sexo nessa espécie não é feita simplesmente pela presença dos cromossomos sexuais. Essa mosca apresenta quatro pares de cromossomos em suas células diploides: três pares autossomos e um par de cromossomos sexuais. Os machos são heterogaméticos, apresentando os cromossomos sexuais "X" e "Y". As fêmeas são homogaméticas, apresentando os cromossomos "XX". No entanto, o cromossomo "Y" não interfere na determinação do sexo da *Drosophila*, mas determina a fertilidade dos machos. Nesse caso, o sexo seria determinado por um balanceamento entre genes de tendência feminilizante, localizados nos cromossomos "X", e genes de ação masculinizante, localizados nos autossomos.

Considerando esses fatos, Calvin B. Bridges, citogeneticista norte-americano, concluiu que a ação desses dois grupos de genes poderia ser avaliada pela razão entre o número de cromossomos "X" e o número do lote de cromossomos autossômicos presentes em cada mosca.

$$\text{Sexo da drosófila} \quad \frac{\text{"X" (número de cromossomos X)}}{\text{"A" (número de lote autossômico)}}$$

De acordo com o valor encontrado, pode-se determinar o sexo da drosófila:

$$\frac{\text{Cromossomo X}}{\text{Autossomo}} = \frac{1\ X}{3} = \text{proporção é menor que 0,5 = sexo supermacho}$$

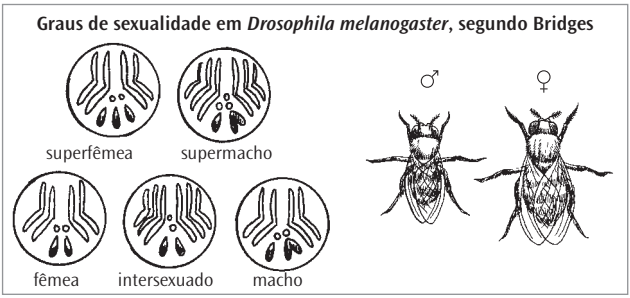
$$\frac{\text{Cromossomo X}}{\text{Autossomo}} = \frac{1\ X}{2\ A} = 0{,}5 = \text{sexo macho}$$

$$\frac{\text{Cromossomo X}}{\text{Autossomo}} = \frac{2\ X}{3\ A} \text{ entre 0,5 e 1 = sexo intersexuado}$$

$$\frac{\text{Cromossomo X}}{\text{Autossomo}} = \frac{2\ X}{2\ A} = 1 = \text{sexo fêmea}$$

$$\frac{\text{Cromossomo X}}{\text{Autossomo}} = \frac{3\ X}{2\ A} = \text{maior que 1 = sexo superfêmea}$$

Fabiana Fernandes



As moscas intersexuadas, supermachos e superfêmeas são estéreis e raramente sobrevivem.

Ginandromorfismo

São drosófilas que apresentam metade do corpo com características femininas e outra metade com características masculinas. Assim, a parte do corpo, formada por células "XX" manifestará o fenótipo feminino, enquanto a outra parte do corpo, formada por células "XO", manifestará características masculinas.

Pode ocorrer ginandromorfismo heterozigoto para características em que os genes estão ligados ao cromossomo "X"; surgem então indivíduos com aspectos não-comuns. Exemplos: o lado direito do corpo com características femininas e fenótipo normal, o lado esquerdo com características masculinas, e fenótipos mutantes: olhos de cor branca e asas em miniatura.

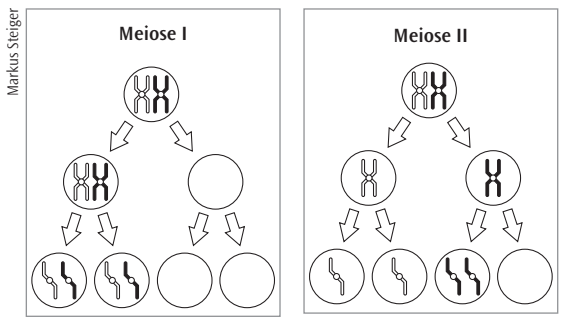
O ginandromorfismo é considerado um caso de mosaico, em que ocorrem mudanças nas células sexuais depois do zigoto formado, devido a mitoses anormais, que podem ocorrer espontaneamente ou induzidas.

O número de genomas

O termo genoma refere-se ao número "n" de cromossomos de uma espécie. Organismos que apresentam células com o número de genomas a mais ou a menos representam um tipo de aberração cromossômica conhecida como aneuploidias.

As aneuploidias surgem durante o processo da gametogênese pela não disjunção dos cromossomos. A não disjunção na Meiose I leva à produção de quatro gametas anormais: dois contendo um par de cromossomos e os outros dois não contendo nenhum cromossomo.

Se ocorrer na Meiose II, formam-se quatro gametas: dois normais, um apresentando o par cromossômico e o outro não contendo nenhum cromossomo desse par.



A partir desses gametas anormais podem surgir zigotos e indivíduos com um número anormal de cromossomos em suas células. Na espécie humana, os casos mais comuns de aneuploidia envolvem os cromossomos "X", e os autossômicos de números 13, 18 e 21.

Principais aneuploidias humanas

Síndrome de Turner

Os indivíduos portadores dessa síndrome apresentam monossomia do cromossomo "X"; ou seja, não têm um dos cromossomos "X", apresentando um cariótipo "44+X" ou "45X0".

As principais características dos portadores dessa síndrome são: sexo feminino; ovários rudimentares, nos quais não se encontram folículos primários; cromatina "X" negativa; estatura baixa, seios pouco desenvolvidos, vagina estreita, malformações cardíacas e esqueléticas, retardamento mental.

Síndrome de Klinefelter

Os indivíduos portadores dessa síndrome apresentam trissomia do cromossomo sexual; ou seja, apresentam um cromossomo sexual a mais, apresentando um cariótipo "44+XXY".

As principais características dos portadores dessa síndrome são: sexo masculino; pênis e testículos reduzidos; cromatina "X" positiva; estatura geralmente anormal; ginecomastia (seios desenvolvidos); o corpo ganha contornos femininos; escassez de pelos pubianos; deficiência mental.

Síndrome de Patau

Os indivíduos portadores dessa síndrome apresentam trissomia do par de cromossomos "13", ou seja, possuem um autossomo a mais, apresentando o cariótipo 45+XX = 47 cromossomos ou 45+XY = 47 cromossomos.

As principais características do portador são: lábios leporinos; platirrinia acentuada; deformidade de flexão dos dedos; microcefalia; pescoço curto; polidactilia e anomalias renais; retardamento mental. Morrem em alguns meses.

Síndrome de Edwards

Os indivíduos portadores dessa síndrome apresentam trissomia do par de cromossomos "18", ou seja, possuem um autossomo a mais, apresentando o cariótipo "45+XX" ou "45+XY".

As principais características do portador são: osso occipital saliente; palato ogival; orelhas malformadas, com implantação baixa; peso baixo; pescoço curto; cardiopatias; calcanhares proeminentes; retardamento mental. Sobrevivem apenas alguns meses.

Síndrome de Down

Os indivíduos portadores dessa síndrome apresentam trissomia do par de cromossomos "21", ou seja, apresentam um autossomo

a mais. Os portadores podem ser do sexo masculino, apresentando o cariótipo "45+XY", ou do sexo feminino, cariótipo "45+XX".

A síndrome de Down se caracteriza pelos seguintes sintomas: língua com fissura; inflamação das pálpebras; uma única prega no dedo mínimo, prega transversal contínua na palma da mão; retardamento mental; frequentemente nascem com problemas cardíacos.

Herança ligada ao sexo

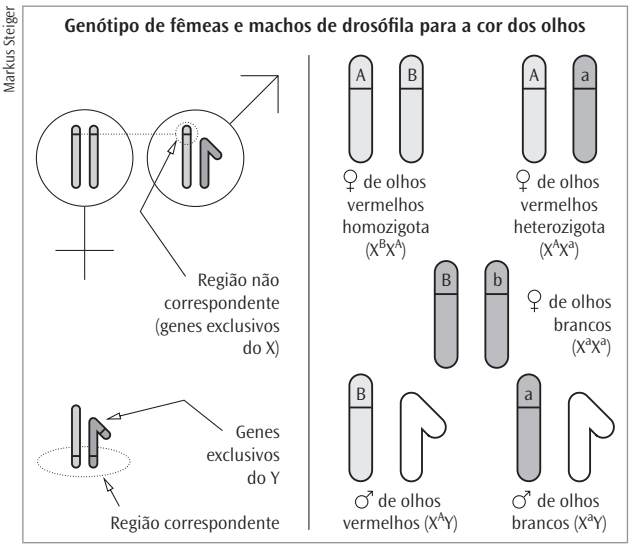
Uma das primeiras experiências desse tipo de herança, em que as características estão ligadas aos cromossomos sexuais, foi pesquisada e analisada por T. H. Morgan em 1910. Estudando cruzamento entre moscas da espécie *Drosophila melanogaster*, observou a presença de um macho mutante, de olhos brancos, sendo que os demais possuíam olhos vermelhos.

Cruzando esse macho mutante com fêmea de olhos vermelhos, obteve uma primeira geração, que manifestou somente olhos vermelhos.

Cruzando os indivíduos da primeira geração — ou geração F_1 — entre si, produziu na segunda geração indivíduos de olhos vermelhos e indivíduos de olhos brancos na proporção de 3:1. Apesar de a proporção ser conhecida, Morgan observou que não havia fêmeas de olhos brancos. Todas as fêmeas possuíam olhos vermelhos, enquanto cerca de 50% dos machos apresentavam olhos brancos e 50% olhos vermelhos.

Com esses dados, Morgan deduziu que os cromossomos "X" e "Y" apresentavam um segmento não correspondente. O gene para cor de olhos estava localizado na região do cromossomo "X", que não possui correspondência no cromossomo "Y". Assim, um gene recessivo, cujo locus só existe no cromossomo "X", teria sua característica garantida no macho por apresentar um único "X". Quando apenas um par está presente, fala-se em hemizigose. O gene que determina a cor dos olhos branca está em hemizigose nos machos de drosófila.

Cruzando filhas de machos de olhos brancos, que eram heterozigotas para o caráter cor de olho, com outro macho de olhos brancos, Morgan obteve 50% dos machos e 50% das fêmeas de olhos brancos, confirmando a herança ligada ao sexo.

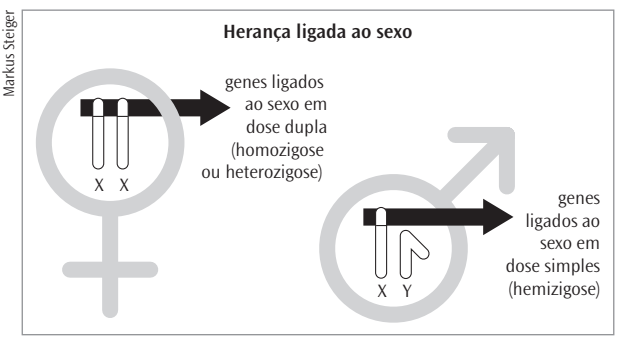


Do cruzamento de machos de olhos brancos (X^aY) com fêmeas de olhos vermelhos heterozigotas (X^AX^a) resulta:

Machos de olhos vermelhos (X^AY) – 25%
Machos de olhos brancos (X^aY) – 25%
Fêmeas de olhos vermelhos (X^AX^a) – 25%
Fêmeas de olhos brancos (X^aX^a) – 25%

Herança ligada ao sexo no ser humano

Os cromossomos "X" e "Y" encontrados na espécie humana são semelhantes aos analisados em drosófilas: ambos possuem uma pequena porção não homóloga, ou seja, uma porção de "X" que não existe em "Y". Enquanto os genes envolvidos localizam-se no cromossomo "X", em sua porção não homóloga, fala-se em herança ligada ao sexo. Nas mulheres, os genes podem aparecer em dose dupla, mas nos homens apresentam-se somente em dose simples. Em função dessas características, a mulher pode ser homozigota ou heterozigota para os referidos genes; e o homem é caracterizado como hemizigótico.


Markus Steiger
Herança ligada ao sexo
genes ligados ao sexo em dose dupla (homozigose ou heterozigose)
X X
genes ligados ao sexo em dose simples (hemizigose)
X Y

Esquema dos cromossomos sexuais humanos, mostrando a localização dos genes ligados ao sexo em dose dupla, na mulher, e simples no homem.

Algumas anomalias humanas ligadas ao sexo:

- daltonismo;
- hemofilia;
- distrofia muscular de Duchenne (degeneração progressiva dos músculos);
- feminilização testicular (atrofia dos testículos);
- síndrome do X frágil (deficiência mental); dentre outras.

Daltonismo

O daltonismo se caracteriza por deficiência na visualização de diferenças entre cores, sendo a mais comum a que atinge as cores vermelha e verde. É determinado por um gene recessivo ligado ao sexo, sendo representado por "X^d" (d= gene defeituoso que condiciona o daltonismo), enquanto seu alelo dominante "X^D" condiciona a visão normal (D = gene que condiciona a visão normal). Podemos, então, determinar a seguinte relação genotípica e fenotípica para o daltonismo.

Sexo	Genótipo	Fenótipo
Feminino	$X^D X^D$	normal
Feminino	$X^D X^d$	normal (portadora)
Feminino	$X^d X^d$	daltônica
Masculino	$X^D Y$	normal
Masculino	$X^d Y$	daltônico

Podemos notar que, para ser daltônica, a mulher necessita do gene "X^d" em dose dupla, o que significa dizer que precisa ter pai daltônico e mãe daltônica ou portadora para o referido gene; já o homem precisa receber apenas um "X^d" da mãe, que deve ser daltônica ou portadora. O outro cromossomo sexual "Y" o homem recebe do pai. Como esta situação é a mais provável, justifica-se a maior frequência de daltonismo no homem do que na mulher. A frequência estimada do daltonismo na espécie humana é de aproximadamente 5% para os homens e de 0,25% as mulheres.

Hemofilia

A hemofilia caracteriza-se por um retardamento na coagulação, consequência da produção insuficiente de tromboplastina, enzima indispensável para o mecanismo da coagulação do sangue.

O tipo mais comum de hemofilia é a do tipo A, devido à falta do fator VIII ou globulina anti-hemofílica e responde por 85% dos

casos da anomalia. Nas hemofilias B e C , bastante raras, faltam outros fatores de coagulação, sendo a C a única que não está ligada ao cromossomo X.

Essa anomalia é também condicionada por um gene recessivo (X^h) ligado ao sexo. E seu alelo dominante "X^H" é que determina a normalidade. Baseados nos dados, podemos concluir os seguintes genótipos e fenótipos para hemofilia:

Sexo	Genótipo	Fenótipo
Feminino	$X^H X^H$	normal
Feminino	$X^H X^h$	normal (portadora)
Feminino	$X^h X^h$	hemofilia
Masculino	$X^H Y$	normal
Masculino	$X^h Y$	hemofílico

A hemofilia é mais comum nos homens (cerca de 1 caso para 10 mil homens) e muito rara nas mulheres.

O homem hemofílico pode levar uma vida normal, desde que não se exceda em atividades cansativas. Mas deve ter consciência das possibilidades de gerar filhos hemofílicos. Se tiver filhos com uma mulher normal ("$X^H X^H$"), todos os filhos serão normais, mas todas as filhas serão portadoras ("$X^H X^h$").

Isso significa que seus netos poderão ser hemofílicos, mesmo o pai sendo normal.

As raras mulheres hemofílicas necessitam de tratamento intensivo para sobreviver. Há casos em que é necessário inibir o ciclo menstrual com hormônios para evitar a perda de sangue na menstruação.

Herança restrita ao sexo

A herança restrita ao sexo caracteriza-se por se manifestar somente no sexo masculino. Os genes envolvidos situam-se no

cromossomo "Y", na porção não homóloga ao cromossomo "X", e são denominados holândricos (do grego *holos* = todos; *andros* = masculino).

O caráter passa de pai para filho, e nunca para filhas.

Um exemplo de herança restrita ao sexo é a hipertricose, que se caracteriza pela presença de pelos grossos e longos nas orelhas masculinas.

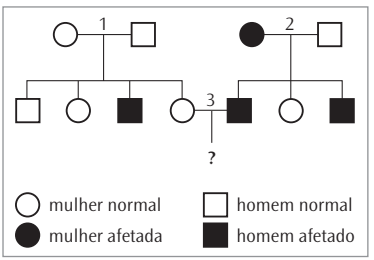
Herança influenciada pelo sexo

A herança influenciada pelo sexo caracteriza-se por apresentar genes que se expressam melhor de acordo com o sexo do indivíduo. O gene que determina a calvície expressa-se melhor quando na presença de hormônios masculinos. Expressando a calvície pelo C, um homem calvo pode apresentar o genótipo CC e Cc, enquanto a mulher com genótipo Cc terá cabelos normais, e a calvície só se manifestará na mulher quando o que gene estiver em dose dupla, ou seja, CC.

Com base nos dados, podemos determinar os seguintes genótipos e fenótipos para calvície:

Sexo	Genótipo	Fenótipo
Feminino	C C	calva
Feminino	C c ou c c	normal
Masculino	C C ou C c	calvo
Masculino	c c	normal

1. (UNISA-SP) No heredograma abaixo, verifica-se um gene recessivo ligado ao sexo e que condiciona determinada moléstia.



A probabilidade de que o primeiro filho do casal 3 seja do sexo masculino e afetado é:

a) 0 b) $\frac{1}{2}$ c) $\frac{1}{4}$ d) $\frac{2}{3}$ e) $\frac{1}{8}$

2. (Fuvest-SP) O daltonismo é caso de herança recessiva ligada ao cromossomo "X". Uma mulher de visão normal, cujo pai é daltônico, casou-se com um homem de visão normal. A probabilidade de crianças daltônicas na prole dessa mulher é de:

a) $\frac{1}{4}$ dos membros b) $\frac{1}{4}$ das meninas c) $\frac{1}{2}$ dos meninos

d) $\frac{1}{8}$ das crianças e) $\frac{1}{2}$ dos meninos e $\frac{1}{2}$ das meninas

3. (PUC-RS) Roberto é um indivíduo normal para a hemofilia. A mãe de Paula, sua esposa, é portadora do gene para esse caráter patológico.
O casal já tem um filho hemofílico.
Qual a probabilidade de esse casal ter uma filha portadora?

a) 100% b) 75% c) 50% d) 45% e) 25%

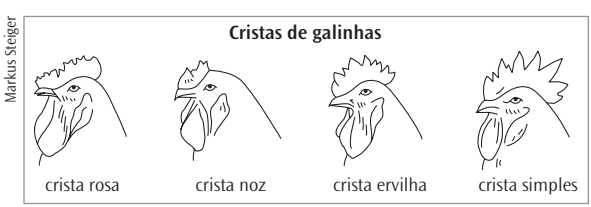
19 Interações entre genes

Interação gênica

Consiste no processo pelo qual dois ou mais pares de genes alelos, localizados em cromossomos homólogos diferentes, condicionam conjuntamente um único caráter.

Com estudos mais avançados em genética, foram encontradas novas proporções fenotípicas além das obtidas por Mendel, o que possibilitou entender como pares de genes com distribuição independente condicionam um único caráter.

Um exemplo de interação gênica foi observado por Bateson e Punnet, ao analisar as formas das cristas em galinhas domésticas, que podem apresentar quatro formas básicas, denominadas: crista simples, crista rosa, crista ervilha e crista noz.



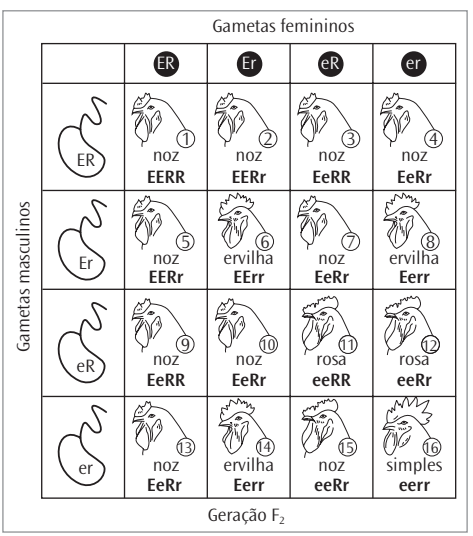
Após realizar vários cruzamentos entre aves, foi possível concluir que o caráter em questão depende da interação entre dois pares de alelos: **R** e **E**. Para cada um desses genes, existe seu alelo recessivo: **r** e **e**. Os experimentos demonstraram o seguinte tipo de interação: o indivíduo de crista noz obrigatoriamente possui os dois genes dominantes (R_ E_). Já os indivíduos de crista ervilha possuem somente o gene dominante "E" (E_ rr). Os indivíduos de crista rosa possuem somente o gene dominante (R_ ee), enquanto

os indivíduos de crista simples possuem o genótipo duplo recessivo (rr ee).

A análise do cruzamento entre galinhas com cristas rosa e ervilha permitiu concluir que a forma da crista é condicionada pela interação de dois pares de alelos que se segregam independentemente.

Geração P:	crista ervilha	x	crista rosa
Genótipos:	EErr	x	eeRR
Gametas:	Er	x	eR
	F_1 = EeRe	⟶	crista noz
	F_1 = EeRr	x	EeRe
Gametas:	ER, Er, eR, er	x	ER, Er, eR, er

Markus Steiger



Interpretando os resultados $F_1 \times F_1 = F_2$:

Fenótipos	Indivíduos	Proporção
Crista noz	1, 2, 3, 4, 5, 7, 9, 10, 13	$\frac{9}{16}$
Crista ervilha	6, 8, 14	$\frac{3}{16}$
Crista rosa	11,12, 15	$\frac{3}{16}$
Crista simples	16	$\frac{1}{16}$

Há certos fenótipos que dependem de genes complementares, como ocorre com a cor em ervilha-de-cheiro. A ervilha-de-cheiro apresenta flores de cor púrpura e de cor branca.

O caráter púrpura é dominante sobre a cor branca, pois, cruzando-se branca com branca, em F_1, obtém-se 100% de cor púrpura, em F_2: púrpuras com brancas resultam na proporção de 9 púrpuras para 7 brancas.

Interação gênica

Geração P:	flores brancas	x	flores brancas
	↓		↓
	BBpp	x	bbPP
	↓		↓
Genótipos:	Bp	x	bP
		BpPb	
		100 púrpuras	
$F_1 \times F_2$	BbPp	x	BbPp
Genótipos:	Bp, Bb, BP, bp	x	BP, Bb, bP, bp

F_2 ♂ ↓ ♀ →	$\frac{1}{4}$ **CP**	$\frac{1}{4}$ **Cp**	$\frac{1}{4}$ **cP**	$\frac{1}{4}$ **cp**
$\frac{1}{4}$ **CP**	$\frac{1}{16}$ CCPP (1)	$\frac{1}{16}$ CCPp (2)	$\frac{1}{16}$ CcPP (3)	$\frac{1}{16}$ CcPp (4)
$\frac{1}{4}$ **Cp**	$\frac{1}{16}$ CCPp (5)	$\frac{1}{16}$ CCpp (6)	$\frac{1}{16}$ ccPP (7)	$\frac{1}{16}$ Ccpp (8)
$\frac{1}{4}$ **cP**	$\frac{1}{16}$ CcPP (9)	$\frac{1}{16}$ CcPp (10)	$\frac{1}{16}$ ccPP (11)	$\frac{1}{16}$ ccPp (12)
$\frac{1}{4}$ **cp**	$\frac{1}{16}$ CcPp (13)	$\frac{1}{16}$ Ccpp (14)	$\frac{1}{16}$ ccPp (15)	$\frac{1}{16}$ ccpp (16)

Fenótipos	Indivíduos	Proporção
Flor púrpura	1, 2, 3, 4, 5, 7, 9, 10, 13	$\frac{9}{16}$
Flor branca	6, 8, 11, 12, 14, 15, 16	$\frac{7}{16}$

Herança quantitativa

A herança quantitativa, também conhecida como poligenia, caracteriza-se por apresentar caracteres que variam quantitativamente de forma contínua, isto é, entre fenótipos extremos existem muitos fenótipos intermediários.

Na herança quantitativa, as variações fenotípicas resultam de uma somatória de genes; por exemplo: a coloração da pele humana — entre o branco e o negro há um grande número de fenótipos possíveis; quanto à estatura: entre 1,60 m e 1,80 m, há um grande número de fenótipos.

Cor da pele nos humanos

Consideremos que dois pares de genes condicionam a produção da melanina (pigmento escuro responsável pela cor da pele): os genes dominantes A e B e seus respectivos alelos recessivos a e b. Quanto maior o número de genes dominantes, maior será a quantidade de melanina e mais escura será a pele.

Os genes dominantes A e B acrescentam ao fenótipo uma certa quantidade de melanina (genes aditivos), enquanto a ou b não interferem em nada no fenótipo. Com base nessas informações, podemos determinar os possíveis genótipos e fenótipos para a cor da pele.

Genótipo	Fenótipo (cor da pele)	Nº de genes aditivos ou acrescentados
AABB	negro	4
AaBB ou AABb	mulato escuro	3
AaBb, Aabb, aaBB	mulato médio	2
Aabb, aaBb	mulato claro	1
aabb	branco	0

Para compreender melhor este tema, vamos ver um exemplo. Um casal de mulatos médios teve um filho branco. Qual é o genótipo dos pais e como poderão ser os genótipos dos próximos filhos do casal?

O genótipo do mulato médio é AaBb, pois apresenta dois genes aditivos. O genótipo dos filhos será:

Geração P: AaBb x AaBb

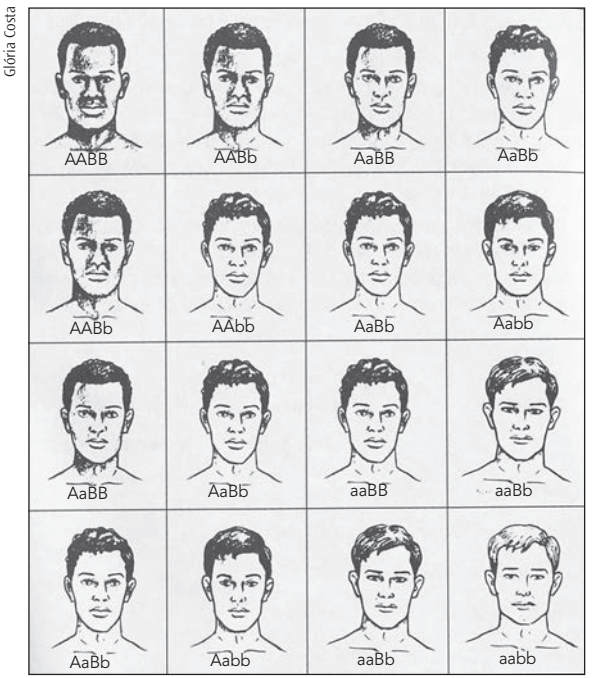
Gametas: AB, Ab, aB, ab x AB, Ab, aB, ab

Veja as combinações possíveis entre os gametas mostradas no quadro da página seguinte.

Para 4 genes há 5 fenótipos

Resultados genotípicos e fenotípicos que seriam obtidos a partir do cruzamento de dois indivíduos mulatos médios, duplo-heterozigotos

mulato médio *AaBb* x mulato médio *AaBb*



Efetuando as combinações possíveis

	AB	Ab	aB	ab
AB	AABB	AABb	AaBB	AaBb
Ab	AABb	AAbb	AaBb	Aabb
aB	AaBB	AaBb	aaBB	aaBb
ab	AaBb	Aabb	aaBb	aabb

Analisando os resultados das combinações, podemos concluir que o genótipo dos pais é: AaBb, e os próximos filhos do casal poderão ser:

- Negro: $\frac{1}{16}$ (AABB)
- Mulato escuro: $\frac{4}{16}$ (2 AABb e 2 AaBB)
- Mulato médio: $\frac{6}{16}$ (4 AaBb, 1 Aabb e 1 aaBB)
- Mulato claro: $\frac{4}{}$ (2 Aabb, 2 aaBb)
- Branco: $\frac{1}{16}$ (aabb)

Pleiotropia

Denomina-se pleiotropia ou efeito pleiotrópico quando um único par de genes atua na manifestação de vários caracteres.

Existem alguns exemplos de pleiotropismo na espécie humana, e o mais comum é o responsável pela doença denominada fenilcetonúria. A causa dessa doença é um par de genes recessivos, que condiciona um defeito na enzima fenilalamina hidroxilase.

A enzima torna-se incapaz de transformar a fenilalamina em tiroxina. Em vez de tiroxina forma-se o ácido fenilpirúvico; este começa a aparecer na urina e no líquido cérebro-espinhal. Na idade de crescimento, esse ácido atinge o sistema nervoso central e causa deficiência mental. A falta de tiroxina, por sua vez, diminui a produção de melanina. Por isso, as crianças fenilcetonúricas exibem também pele mais clara do que deveriam ter. Portanto, devido à pleiotropia do gene anormal, vários são os efeitos que ocorrem simultaneamente: deficiência mental, pele clara e ácido fenilpirúvico na urina.

Epistasia

Epistasia é o fenômeno pelo qual um par de genes alelos inibe a manifestação de outro par, localizado em diferentes cromossomos

homólogos. O gene que inibe a manifestação do outro é chamado de epistático, e o que é inibido, de hipostático.

Quando o gene epistático é dominante, fala-se em epistasia dominante. Ocorre a epistasia recessiva quando o gene epistático é recessivo.

Epistasia dominante

Um exemplo clássico é o observado na galinha da raça Leghorn, cuja plumagem pode ser branca ou colorida.

A plumagem colorida depende da presença de um gene dominante C, e as aves de genótipo cc são brancas. Mas não é somente o C que determina a cor da plumagem.

Existe um outro gene representado por I, que é epistático sobre C, ou seja: quando presente impede a manifestação do C. E é pela ação desse gene que aves I_ C_, mesmo possuindo um gene C, são brancas. Portanto, a cor da plumagem da galinha Leghorn depende da presença do C e da ausência do I, sendo coloridas as galinhas de genótipo iiC_.

Epistasia recessiva

É o que ocorre com a cor dos pelos em ratos. Esse caráter depende de dois pares de genes localizados em diferentes pares de homólogos. Um dos pares de alelos é representado pelas letras C e c. O alelo C determina o pigmento preto. Seu alelo recessivo c, em homozigose, condiciona a ausência de pigmento (albinismo).

Outro par de genes é A e a, em que A condiciona a produção de pigmento amarelo, e o recessivo, a a ausência de pigmentos.

Os ratos de genótipos C_ A_ apresentam pigmentos pretos e amarelos, conhecidos como aguti ou selvagem. Os indivíduos C_aa são pretos porque produzem apenas pigmentos da cor preta. Os de genótipo ccA_ são albinos, pois o gene c impede a produção de pigmento. Os genótipos ccaa serão também albinos.

Neste caso, é o c recessivo epistático que impede a manifestação tanto do não alelo dominante A, como de seu recessivo a (hipostáticos).

Teste seu saber

1. (UFRS) A genética da cor da pele, no homem, é um exemplo de herança:

a) quantitativa
b) polialélica
c) citoplasmática
d) pleiotrópica

2. (Fuabc-SP) Em cães, o gene I, que determina a cor branca, é epistático em relação ao gene B, que determina a cor preta, e a seu alelo b, que determina a cor marrom. Sabe-se também que o gene I e seu alelo i segregam-se independentemente do gene B e de seu alelo b. Do cruzamento entre machos e fêmeas com genótipo IiBb esperam-se descendentes que se distribuam na seguinte proporção fenotípica:

a) 13 : 3
b) 9 : 3 : 3 : 1
c) 9 : 6 : 1
d) 9 : 4 : 3
e) 12 : 3 : 1

3. (Fuvest-SP) A pigmentação da plumagem de galinhas está condicionada por dois pares de genes autossômicos situados em cromossomos diferentes. O gene C determina a síntese de pigmento e seu alelo c é inativo, determinando a cor branca. O gene I inibe a formação de pigmento e seu alelo i não o faz. Do cruzamento de indivíduos Ccii com indivíduos CcIi, quais os genótipos e fenótipos esperados?

4. (UNIP-SP) Duas variedades de milho, com alturas médias de 122 cm e 182,8 cm respectivamente, são cruzadas. A F_1 é bastante uniforme com média de 152,4 cm de altura. De 500 plantas da F_2, duas tinham apenas 121,9 cm e duas tinham 182,8 cm. Qual o número de poligenes envolvidos e quanto cada um contribui para a altura?

Descomplicando a Biologia

(Fuvest-SP) A pigmentação da plumagem de galinhas está condicionada por dois pares de genes autossômicos situados em cromossomos diferentes. O gene C determina a síntese de pigmentos e seu alelo c é inativo, determinando a cor branca. O gene i inibe a formação de pigmentos e seu alelo i não o faz. Do cruzamento de indivíduos Ccli, quais os genótipos e fenótipos esperados?

Resolução e comentários

- O gene **C** determina a síntese de pigmentos;
- O alelo **c** determina a cor branca;
- O gene **I** inibe a formação de pigmentos;
- O alelo **i** não inibe.

Com base nas informações oferecidas (presença de um gene **i** inibidor), concluímos que se trata de um caso de epistasia dominante. Portanto, do cruzamento de **CCii** (ave de plumagem pigmentada) com **Ccli** (ave de plumagem despigmentada), teremos:

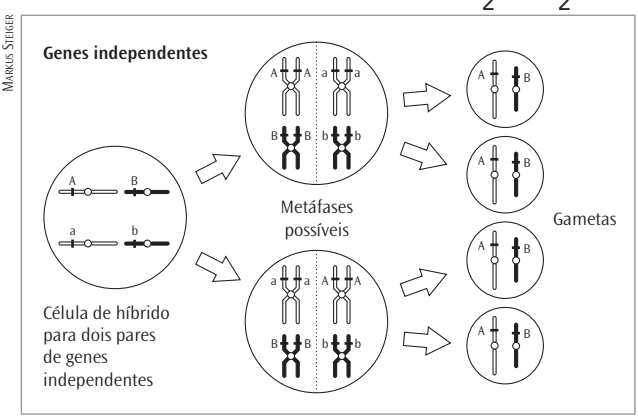
Despigmentada / Pigmentada	**Cl**	**Cl**	**cl**	**ci**
Ci	CCli 25% despigmentadas	CCii 25% pigmentadas	Ccli 25% despigmentadas	Ccii 25% pigmentadas

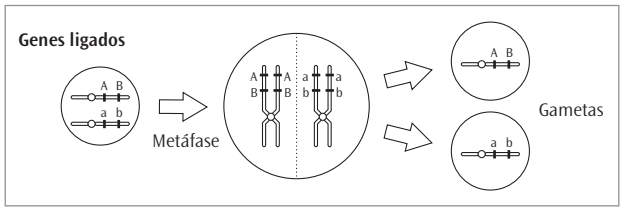
20 *Linkage* e mapa gênico

Em meados de 1910, o geneticista americano Thomas Hunt Morgan, trabalhando com *Drosophila melanogaster*, observou que nem sempre os genes responsáveis pelas características hereditárias são transmitidos independentemente, restringindo assim a Segunda Lei de Mendel.

Morgan verificou que certos genes ocorriam sempre juntos, ou seja, encontravam-se sempre no mesmo cromossomo. Diz-se, então, que esses genes estão ligados; o fenômeno é chamado de ligação gênica ou *linkage*. O grupo de *linkage*, por apresentar-se unido, não se separa na formação de gametas, a não ser que ocorra permutação ou *crossing-over*.

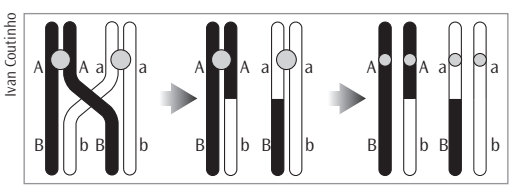
No processo de meiose, em que os pares de genes Aa e Bb estão localizados em cromossomos diferentes, verificamos a formação de quatro tipos de gametas diferentes, mas, quando os genes Aa e Bb estão localizados no mesmo cromossomo e não ocorre permuta, formam-se apenas dois tipos de gametas,em igual proporção: $\frac{1}{2}$ AB : $\frac{1}{2}$ ab.





Permuta ou recombinação gênica

Normalmente, os genes ligados caminham juntos na formação de gametas — é a ligação ou *linkage* completo. Mas é comum ocorrer troca de pedaços de cromátides, ou seja, a permuta ou *crossing-over*. Sabemos que, durante a prófase I da meiose, os cromossomos homólogos duplicados emparelham, formando a tétrade ou um conjunto de 4 cromátides. É durante esse período que pode ocorrer quebra de cromátides com posteriores ligações; nessas ligações podem ocorrer trocas de cromátides homólogas.



Crossing-over, mostrando a permuta e a consequente combinação entre os *loci* A e B.

Em consequência da permuta, genes que estavam ligados podem se separar e migrar para diferentes gametas, que passam a denominar-se "gametas recombinantes", e o *linkage* é parcial ou incompleto.

Para representar os genes ligados: o genótipo pode ser representado por diferentes modos. Suponha-se que o genótipo seja AABB, as representações possíveis são:

$$\frac{A \quad B}{A \quad B} \quad \text{ou} \quad (AB)\ (AB)$$

Os traços representam cromossomos homólogos.

Os indivíduos de genótipos AaBb admitem duas representações. Quando os genes AB estão no mesmo cromossomo e os genes recessivos (a e b) em seu homólogo, teremos um heterozigoto denominado **CIS**. Caso contrário, teremos um caso de heterozigoto denominado **TRANS**.

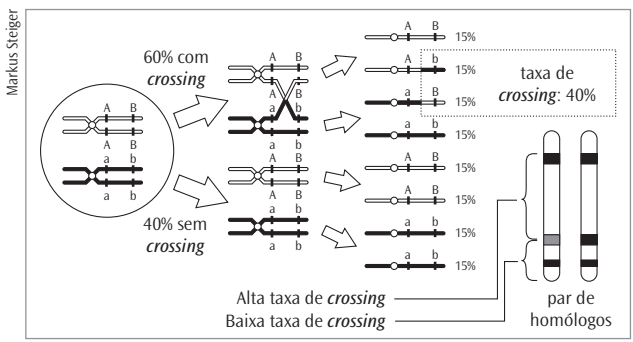
$\frac{A\ B}{a\ b}$ ou (AB) (ab)

$\frac{A\ b}{a\ B}$ ou (Ab) (aB)

Heterozigoto CIS
Heterozigoto TRANS

Calculando a taxa de *crossing-over*

Quanto maior for a distância entre os genes em *linkage*, maior será a possibilidade de trocas ou permutas entre eles, e, em consequência, maior a quantidade de genes recombinantes. Vamos supor que dois genes estão afastados a uma distância que permite a ocorrência de permuta em 60% das meioses; nesse caso, formam-se dois tipos de gametas recombinantes, e cada um deles corresponde a 15% do total dos gametas formados.



O total de recombinações é a taxa de *crossing-over*. Essas taxas, baseando-se no exemplo citado, são de 30%: 15% para (Ab) mais 15% para (aB).

A taxa de recombinação serve como indicador da distância entre os genes.

Mapas gênicos

Sabemos que a taxa de *crossing-over* depende da distância que existe entre os genes no cromossomo. Se a distância for maior, a taxa de *crossing-over* será alta; se for muito pequena, pode chegar ao ponto de não ocorrer *crossing-over*.

Convencionou-se usar para uma taxa de 1% de *crossing-over* o valor de 1 unidade de recombinação (UR) ou 1 morganídeo (ou centimorgan). Assim, se dois genes apresentam 15% de taxa de *crossing-over*, a distância entre os cromossomos é de 15 unidades de recombinações ou 15 morganídeos.

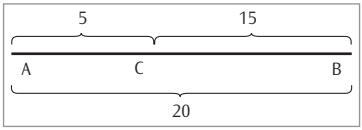
Conhecendo-se a distância entre os diferentes locais onde os genes se encontram, é possível construir os mapas gênicos. Se soubermos a porcentagem de permuta entre três genes A, B, C, por exemplo, podemos identificar as suas posições relativas no cromossomo. Portanto, se a porcentagem de recombinações entre:

- A e B for de 20%;
- A e C for de 5%;
- B e C for de 15%;

a distância entre eles será de:

- A e B __ 20 morganídeos;
- A e C __ 5 morganídeos;
- B e C __ 15 morganídeos.

Ocupam, portanto, as seguintes posições no cromossomo:



A sequência dos genes no cromossomo é de A.C.B.

Analise esta situação:

Em um cromossomo, os genes se mantêm a uma distância de 18 morganídeos. Em que porcentagem segregam os gametas do genótipo?

C_____B
c_____b
18 morganídeos

Se a distância entre os loci C e B é de 18 morganídeos, isso significa que a porcentagem de permuta ou *crossing-over* é de 18%. Na formação de gametas, 18% serão recombinantes.

		Parentais		Porcentagem
		82%	c B	41%
			c b	41%
C B				
	mitoses	gameta		
C b				
		18%	C b	9%
			c B	9%
			Recombinantes	

Teste seu saber

1. (Fuvest-SP) Os genes X, Y e Z de um cromossomo têm as seguintes frequências de recombinação:

Genes	Frequência de recombinação
X e Y	15%
Y e Z	30%
Z e X	45%

Qual a posição relativa desses três genes no cromossomo?
a) Z XY b) XY Z c) Y Z X d) X ZY e) Y X Z

2. (Unirio-RJ) Um indivíduo, com o genótipo **AaBb**, produz gametas nas seguintes proporções: 25% AB, 25% Ab, 25% aB e 25% ab. Outro indivíduo, com o genótipo **DdEe**, produz gametas nas seguintes proporções: 50% DE e 50% de.
Podemos concluir que:
a) os genes D e E estão ligados e entre eles não ocorre *crossing-over*.
b) os genes D e E estão ligados e entre eles ocorre *crossing-over*.
c) os genes D e E segregam-se independentemente e entre eles não ocorre *crossing-over*.
d) os genes A e B estão ligados e entre eles não ocorre o *crossing-over*.
e) os genes A e B segregam-se independentemente e entre eles ocorre o *crossing-over.*

3. (Unisa-SP) Thomas Morgan elaborou os mapas cromossômicos de Drosophila melanogaster, onde assinalava as distâncias entre os genes situados num mesmo cromossomo. A construção desses mapas só foi possível aceitando-se uma suposição básica de que:
a) a ocorrência de *crossing-over* se desse na meiose.
b) os genes alelos ocupassem os mesmos loci.
c) os genes alelos estivessem em dose dupla.
d) os genes não alelos de um cromossomo estivessem dispostos linearmente ao longo dele.
e) só houvesse *crossing-over* na gametogênese das fêmeas.

4. (Fuvest-SP) Em determinada espécie, os locos dos genes A e B situam-se no mesmo cromossomo. Na meiose de um indivíduo duplo heterozigoto

AB/ab, ocorre permutação entre os locos em 80% das células. A porcentagem esperada de gametas Ab que o indivíduo formará é:

a) 10%
b) 20%
c) 30%
d) 40%
e) 80%

5. **(Fuvest-SP) O cruzamento AaBb x aabb produziu a seguinte descendência:**
genótipos: AaBb, aaBb, Aabb, aabb
frequências: 48% 2% 2% 48%

a) Qual a distância entre os genes em questão, em unidades de recombinação?
b) Qual a posição dos genes nos cromossomos do heterozigoto utilizado no cruzamento?

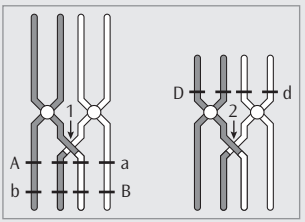
6. **(Fuvest-SP) Um organismo, homozigoto para os genes A, B, C, D, todos localizados em um mesmo cromossomo, é cruzado com outro, que é homozigoto recessivo para os mesmos alelos. O retrocruzamento de F_1 (com o duplo recessivo) mostra os seguintes resultados:**

- **não ocorreu permuta entre os genes A e C**
- **ocorreu 20% de permuta entre os genes A e B e 30% entre A e D**
- **ocorreu 10% entre B e D**

a) Baseando-se nos resultados acima, responda qual é a sequência mais provável desses quatro genes no cromossomo, a partir do gene A.
b) Justifique sua resposta.

Descomplicando a Biologia

(Fuvest-SP) O esquema abaixo representa, numa célula em divisão meiótica, dois pares de cromossomos com três genes em heterozigose: Ala, Blb e Dld. Nesses cromossomos, ocorreram as permutas indicadas pelas setas 1 e 2.

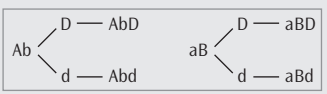


a) Quanto aos pares de alelos mencionados, que tipos de gameta esta célula poderá formar?
b) Que pares de alelos têm segregação independente?

Resolução e comentários

Observe a figura que nos mostra as possíveis disposições do dois pares de cromossomos, na metáfase da meiose 1.

a) Como as permutas indicadas não envolvem os genes assinalados, as células resultantes apresentaram quatro tipos possíveis de combinações gênicas nos gametas:



b) Os loci gênicos A/a e B/b apresentam ligação fatorial e não se segregam independentemente. Já os loci gênicos A/a e D/d, por estarem localizados em cromossomos não homólogos, apresentam segregação independente.

21 Evolução

Evolução significa mudança: as espécies modificam-se ao longo do tempo. Na história da ciência, a ideia evolucionista é relativamente recente; o que prevaleceu até o final do século XVIII foi a ideia de que os seres vivos eram em número fixo e imutáves: o fixismo.

Teorias e evidências da evolução

O primeiro a tentar explicar cientificamente o processo da evolução foi Jean-Baptiste Lamarck (1744-1829). Lamarck combatia as ideias criacionistas e fixistas da época.

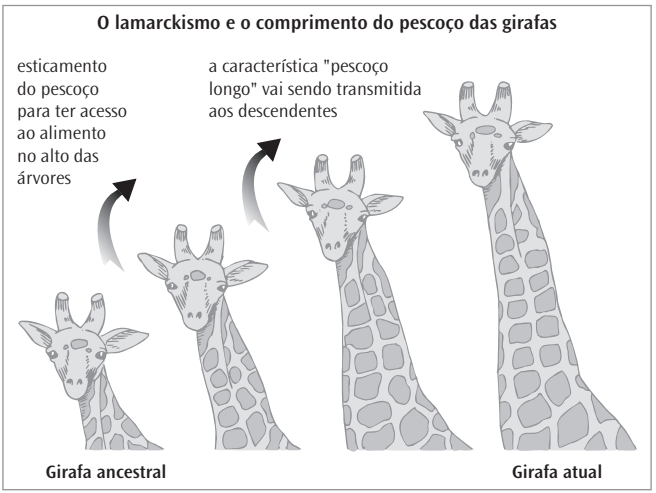
Para Lamarck, os seres vivos vão desenvolvendo determinados órgãos de acordo com suas necessidades de sobrevivência. Um dos exemplos mais conhecidos é o do pescoço da girafa.

Segundo Lamarck, as girafas atuais, com pescoço comprido, eram descendentes de girafas ancestrais que provavelmente tinham pescoço curto, mas, com a necessidade de alcançar alimentos (folhagens das árvores), tinham de esticar o pescoço, e, com isso, o pescoço alongou-se. E essa característica adquirida foi transmitida aos seus descendentes, originando as atuais girafas de pescoço longo. Portanto, pelo uso ou desuso da característica, e sua transmissão aos descendentes, ocorreu a evolução das espécies.

Quando o organismo não necessita do órgão o mesmo se atrofia. A lei do uso ou desuso ficou conhecida como a 1ª Lei de Lamarck.

Lamarck utilizou-se de outros exemplos, como o das aves que vivem em regiões alagadas e possuem as pernas altas, de tanto esforço que faziam para não molhar as penas quando se locomoviam. Os tamanduás apresentam a língua comprida de tanto esticá-la na captura de formigas.

Ivan Coutinho


O lamarckismo e o comprimento do pescoço das girafas
esticamento do pescoço para ter acesso ao alimento no alto das árvores
a característica "pescoço longo" vai sendo transmitida aos descendentes
Girafa ancestral
Girafa atual

A 2ª Lei supõe que as características adquiridas pelo uso (ou atrofiadas pelo desuso) são transmitidas de geração a geração; é a lei da herança dos caracteres adquiridos.

Sabemos hoje que as variações entre indivíduos depende da informação genética e que somente essas informações e as mutações dos genes podem ser transmitidas a uma geração seguinte.

O biólogo alemão Weissman (1868 a 1876) conseguiu refutar as Leis de Lamarck: cortou a cauda de ratos durante várias gerações, e os seus filhotes continuavam a nascer com cauda.

Por esse experimento, Weissman provou que essa característica adquirida pelos ratos — ausência de cauda — não foi transmitida a outras gerações.

Teoria de Darwin

Charles Darwin (1809-1882), naturalista inglês, expôs em seu livro "*A origem das espécies*" suas ideias a respeito da evolução e do mecanismo de transformações das espécies.

Aos 22 anos, embarcou no navio inglês Beagle, e durante cinco anos viajou ao redor do mundo — América do Sul (inclusive o Brasil), as ilhas Galápagos; depois a Nova Zelândia e a Austrália.

Nas terras visitadas coletou dados e inúmeros exemplares de organismos, que levou para a Inglaterra. Quando iniciou os estudos e a organização do material coletado como resultado de suas observações, Darwin admitiu que as transformações que ocorriam com as espécies eram alterações já existentes das espécies. Mas Darwin desconhecia as causas que levariam as espécies a se modificar. Uma pista surgiu quando ele leu um trabalho publicado por Thomas Malthus sobre populações, no qual afirmava que as populações tendem a crescer em progressão geométrica, e os alimentos cresciam em progressão aritmética.

O crescimento acelerado da população levaria à escassez de alimentos e de espaço necessário à sobrevivência.

A obra de Malthus contribuiu para que Darwin elaborasse a teoria de seleção natural, na qual concluiu que todos os organismos que nascem nem sempre apresentam condições de sobrevivência. Apenas sobrevivem os que têm maiores condições de adaptarem-se às condições ambientais, e eles reproduzem-se deixando descendentes férteis.

Comparação entre as teorias de Darwin e Lamarck

Vimos que Lamarck, ao explicar o comprimento do pescoço da girafa, dizia que ele se alongara devido à necessidade de alcançar alimentos nas partes mais altas das árvores.

Darwin entendia que, no passado, os ancestrais das girafas atuais possuíam pescoços de tamanho variável, e a competição pelo alimento disponível favoreceu as girafas de pescoço longo.

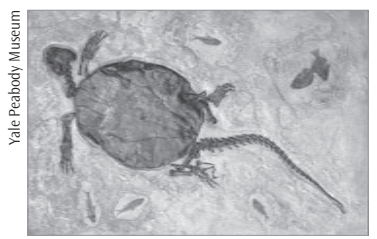
Para Lamarck, o ambiente induz os seres a modificarem-se para se adaptarem a ele. Para Darwin, o meio age selecionando as mudanças já existentes.

Evidências da evolução

As evidências da evolução normalmente encontram-se relacionadas com documentos fósseis do passado ou em comparações entre os seres vivos e sua distribuição geográfica.

1. Evidências fósseis

São vestígios deixados por seres vivos, soterrados nas profundezas de mares, oceanos, lagos ou vales. Normalmente, são esqueletos mineralizados, chegando a manter a forma original ou, em muitos casos, deixando apenas moldes nas rochas.


Yale Peabody Museum

Fóssil de tartaruga encontrado em rocha.

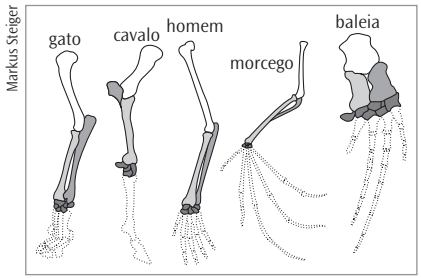
Analisando as semelhanças e diferenças existentes entre as espécies, pode-se concluir que ocorreu surgimento de algumas espécies e desaparecimento de outras ao longo do tempo.

2. Anatomia comparada

A anatomia comparada tem por finalidade estudar as semelhanças e diferenças entre as estruturas anatômicas de duas ou mais espécies para determinar o grau de parentesco. Os estudos da anatomia comparada classificam dois tipos de órgãos: os homólogos e os análogos.

Órgãos homólogos

São aqueles que apresentam a mesma origem embrionária e semelhanças anatômicas, mas realizam funções diferentes, como por exemplo os membros anteriores do ser humano, do cão, as asas das aves e dos morcegos, as nadadeiras dos golfinhos e das baleias.

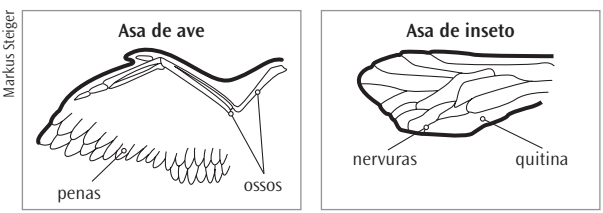


Homologia entre os membros anteriores dos mamíferos.

Provavelmente, as diferenças nas funções devem-se à adaptação a ambientes diversos, de espécies que se originam de um ancestral comum.

Órgãos análogos

São aqueles que apresentam origem embrionária e estruturas anatômicas diferentes, mas exercem a mesma função. Como exemplos temos as asas das aves e dos insetos. Mesmo sendo órgãos adaptados ao voo, as asas das aves apresentam uma estrutura interna dotada de ossos, músculos e nervos. Já as asas dos insetos são estruturas constituídas de quitina, crescem como expansões do revestimento do corpo.



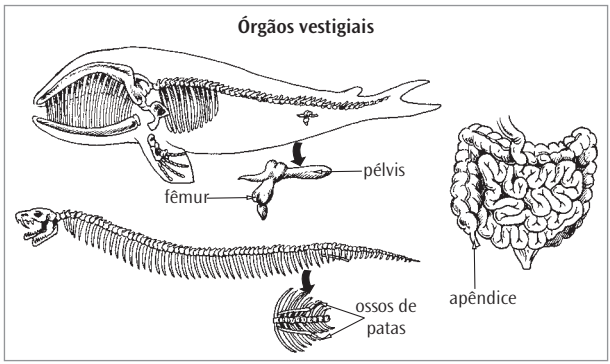
Analogia: semelhança entre estruturas unicamente pelo fato de exercerem a mesma função, mas que não derivam de uma estrutura comum. As estruturas análogas não refletem parentesco evolutivo.

Órgãos vestigiais

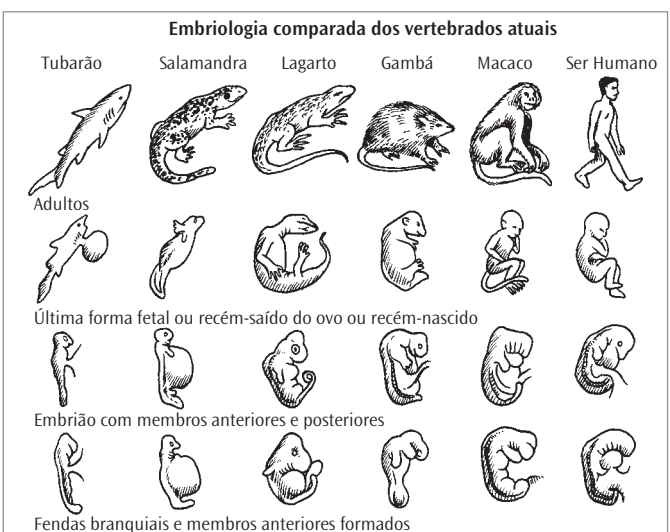
Trata-se de órgãos atrofiados, que não desempenham funções no organismo em que se encontram. É o caso do apêndice vermiforme, vestigial do ser humano, que é mais desenvolvido nos animais

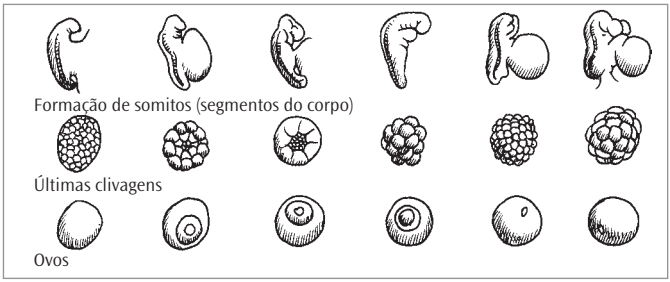
herbívoros, pois neles o apêndice contém os micro-organismos responsáveis pela digestão da celulose.

Fabiana Fernandes



Órgãos vestigiais: a presença de vestígios de patas na baleias e em certas cobras indica que esses animais vieram de ancestrais com patas. O apêndice do ser humano é vestígio de um compartimento do intestino que abrigava micróbios para a digestão da celulose em nossos ancestrais herbívoros.





Outros exemplos de órgãos vestigiais: as patas traseiras da baleia, os olhos de animais que vivem em regiões sem luz (peixes de cavernas).

Adaptação e seleção natural

De acordo com a teoria de Darwin, o ambiente seleciona os indivíduos mais adaptados. Ele não sabia explicar, na sua época, como aparecem as variações nos indivíduos. Hoje se sabe que mutações genéticas e recombinações gênicas podem gerar características fenotípicas novas favoráveis ou não ao ambiente.

Neodarwinismo

Conhecida também como teoria sintética da evolução, que resulta da combinação da genética com a teoria evolutiva de Darwin.

Apesar de todos seus estudos, Darwin não conseguiu definir as causas das variações hereditárias das espécies. Somente no século XX, com o redescobrimento dos trabalhos de Mendel e com os conhecimentos do material genético, foi possível identificar os principais responsáveis pela variabilidade de caracteres nos seres vivos. Atualmente, sabe-se que são determinadas pelas mutações e recombinações genéticas.

As mutações são responsáveis pela variabilidade genética, fornecendo matéria-prima para evolução. Quando novos genes são

produzidos, novas características genotípicas aparecem, podendo ser úteis ou não à espécie.

O *crossing-over*, ou troca de pedaços de cromátides que ocorrem na prófase I da meiose, permite novos arranjos de genes, os quais chegarão aos gametas. Após a fecundação e a formação do zigoto, novas características poderão surgir. Um número maior de permuta proporcionará maior variabilidade dos gametas, e em consequência maior será o número de genótipos formados.

Genética de populações

O estudo da genética de populações tem por finalidade determinar a frequência dos genes que ocorrem em populações naturais.

Foram os métodos matemáticos elaborados em 1908 pelo matemático inglês G. H. Hardy e pelo físico alemão W. Weinberg que permitiram determinar a frequência de um gene, em uma população em equilíbrio. Essa lei ou teorema é conhecida como equilíbrio de Hardy — Weinberg, e é aplicada apenas nas populações em equilíbrio, quando:

- não sofrem mudanças (nem genéticas com mutações, nem pressões seletivas).
- contam com um grande número de indivíduos e possíveis erros de amostragem de levantamento das frequências genotípicas pouco alteram a estatística.
- os cruzamentos ocorrem ao acaso, isto é, seus integrantes se cruzam livremente, a população é pan-mítica (*pan* = todos, *mítica* = misturar).

Aplicação da Lei de Hardy – Weinberg:

Chamamos de "p" a frequência do alelo dominante (A).

Chamamos de "q" a frequência do alelo recessivo (a).

Conhecendo a frequência de um gene é possível determinar a frequência do outro por subtração.

$p = 1 - q$

$q = 1 - p$

Sabendo a frequência de "p" e "q" é possível calcular a frequência de indivíduos homozigotos dominantes e homozigotos recessivos e heterozigotos. Sabemos que nos indivíduos homozigotos dominantes ou recessivos a presença do gene por duas vezes é um caso de acontecimentos simultâneos. Assim, a frequência de homozigotos dominantes seria calculada por p x p ou p^2, enquanto a frequência de homozigotos recessivos é dada pela operação q x q ou q^2. Nos casos de heterozigotos, eles podem ter sidos produzidos tanto pelo óvulo quanto pelo espermatozoide. Essa dupla possibilidade exige que a expressão p x q seja multiplicada por dois, assumindo a forma 2 p.q (2 x p x q).

O total de indivíduos é de 100%; considerada uma certa característica, usa-se a fórmula:

$p^2 + 2\,pq + q^2 = 1$

A partir dos dados apresentados, podemos determinar as frequências gênicas e genotípicas para qualquer população pan-mítica (casamentos ocorrem ao acaso) e em equilíbrio.

Especiação (formação de novas espécies)

Espécie é definida como um conjunto de indivíduos que se reproduzem, originando prole fértil. Novas espécies podem se formar a partir de populações por meio dos seguintes mecanismos:

Isolamento geográfico (especiação alopátrica)

Indivíduos pertencentes à mesma espécie podem ser separados por uma barreira física, como: rios, mares, cordilheiras, lagos, vales etc.

Com o isolamento ou separação dos grupos, pode ocorrer que sejam submetidos a diferentes pressões seletivas. Desta forma, a seleção natural irá atuar de maneira diferente nas duas populações, o que acentuará as diferenças genéticas entre elas. Se as barreiras perdurarem, essas diferenças podem chegar ao ponto de impedir o

cruzamento entre as populações, formando novas espécies; então ocorre o isolamento reprodutivo entre indivíduos que inicialmente pertenciam à mesma espécie. O isolamento reprodutivo pode se manifestar de duas formas: pelo mecanismo pré-zigótico e pelo mecanismo pós-zigótico.

Mecanismo pré-zigótico

Antecede a formação do zigoto; os mais comuns são:

- Diferenças comportamentais: quando ocorre diferença de comportamento entre espécies no ritual de acasalamento. Exemplo: canários machos são capazes de atrair com seu canto apenas a fêmea de sua espécie.
- Barreiras mecânicas: caracterizam-se pelo tamanho diferenciado do aparelho reprodutor entre as espécies; ocorrem principalmente com flores, impedindo que determinados agentes polinizadores realizem a polinização.
- Órgãos sexuais que amadurecem em épocas diferentes. É muito comum em plantas que florescem em épocas diferentes do ano. A sincronização da abertura floral em épocas diferentes evita o cruzamento entre essas espécies.

Mecanismos pós-zigóticos

Ocorrem após a formação do zigoto; os principais são:

- Inviabilidade do híbrido: a morte é prematura, ainda nos estágios iniciais de desenvolvimento, portanto o embrião não se desenvolve. Algumas espécies de anfíbios, vivendo na mesma lagoa, podem eventualmente cruzarem-se e formar híbridos que não se desenvolvem.
- Esterilidade do híbrido: embora apresentem características normais, os híbridos são estéreis, o que revela a incompatibilidade do material genético herdado dos pais de espécies diferentes. O exemplo mais comum é o caso do burro e da mula, consequência do cruzamento de égua com jumento. Nesse caso o burro e a mula são estéreis.

Especiação sem isolamento geográfico

É um tipo de especiação que ocorre com populações que vivem na mesma área e é chamada simpátrica.

Um exemplo de especificação simpátrica ocorre em plantas, com a formação de indivíduos poliploides, isto é, indivíduos que apresentam três ou mais conjuntos de cromossomos em suas células. Os que apresentam três são os indivíduos tetraploides (3N). Neste caso, não ocorre emparelhamento dos cromossomos na meiose, já que ocorre um número ímpar de cromossomos. Com isso a meiose deixa de ocorrer, e não serão formados gametas; o resultado é um indivíduo híbrido estéril. A laranja-da-baía é triploide, portanto, não produz gametas e nem sementes.

Eras geológicas e origem dos grupos atuais

Acredita-se que a vida surgiu na Terra há cerca de 3,6 bilhões de anos, e que a formação da Terra é de 4,5 bilhões de anos. Desde sua formação, a Terra passou por várias transformações físicas e climáticas. Essas transformações contribuíram para o surgimento, a manutenção e a extinção de muitas espécies.

Para facilitar o estudo e a origem dos grandes grupos, divide-se esse tempo em eras, períodos e épocas.

Os primeiros seres vivos a surgir na Terra foram os procariontes (bactérias e cianobactérias) que se alimentavam de matéria orgânica. Com as alterações climáticas e as transformações ocorridas na Terra, a matéria orgânica foi diminuindo, o alimento foi ficando escasso para todos os heterotróficos e surgiram os autotróficos. Há cerca de 2 bilhões de anos surgiu a célula eucarionte, e com ela surgiram os seres pluricelulares.

Há 650 milhões de anos, ainda na era Pré-cambriana, surgiram os invertebrados, que eram exclusivamente aquáticos. Muitas espécies desapareceram na própria era Pré-cambriana.

A conquista do meio terrestre pelos primeiros invertebrados ocorreu na era Paleozoica, no período Siluviano, há cerca de 4 milhões de anos, pois a Terra já era habitada por algumas espécies de vegetais, que serviram de alimento para os invertebrados. De todos os invertebrados, os mais bem adaptados foram os insetos, pois apresentavam o exoesqueleto de quitina, que os protege e ajuda no combate ao processo de desidratação; surgiram no período Devoniano da era Paleozoica e se expandiram para os mais diversos ambientes.

Ainda na era Paleozoica do período Devoniano surgiram os primeiros protocordados, que são os ancestrais dos peixes, os primeiros vertebrados.

Os primeiros representantes dos peixes surgiram no período Ordoviciano, diversificando-se no período Siluviano e Devoniano.

No período Devoniano, devido às alterações climáticas, alguns peixes desenvolveram a capacidade de respirar fora da água — os peixes dipnoicos ou pulmonados. Os peixes pulmonados apresentam uma musculatura e estrutura óssea mais desenvolvida. Foi a partir dessas estruturas que evoluíram as patas dos anfíbios, os primeiros vertebrados a conquistar a terra.

Os primeiros anfíbios a surgir eram maiores que os atuais e se proliferaram no período Carbonífero. Quanto aos vegetais, dominavam nesse período as florestas tropicais com vegetação abundante.

Logo após os anfíbios, surgiram os répteis, no período Permiano; ocorreu nesse período a expansão dos répteis devido a alterações climáticas. O clima no período foi mais frio e seco.

Os répteis se tornaram independentes da água para reprodução, pois o ovo com casca protege o embrião e retém o alimento necessário ao seu desenvolvimento, evitando o processo de desidratação; seus pulmões são mais desenvolvidos, possibilitando armazenar todo o oxigênio necessário à sua sobrevivência.

Os grandes répteis dominaram o mundo no período Jurássico. Existiam desde dinossauros gigantes até pequenas formas, comparáveis aos jabutis.

Os grandes répteis desapareceram em um curto período de tempo, há cerca 65 milhões de anos. A causa da extinção dos grandes répteis ainda não foi totalmente esclarecida. A grande maioria dos cientistas acredita que foi devido às mudanças climáticas que a Terra sofreu, e à chuva de grandes meteoros – que levantaram uma poeira que permaneceu por dezenas de anos em suspensão na atmosfera, escurecendo e esfriando o planeta.

Depois dos répteis, surgiram os seres homeotérmicos, isto é, que conseguem manter a temperatura corpórea constante, independente do meio ambiente. Devido a essa capacidade, o grupo dos homeotérmicos (aves e mamíferos) passou a habitar os vários ambientes da Terra, desde as regiões mais frias até os desertos e as regiões quentes.

As aves evoluíram a partir de um grupo de répteis que viveu no período Jurássico denominado *Archaeoteryx*. Suas formas revelam a transição de répteis para aves.

No fim período Cretáceo, as aves já apresentavam muitas das características das aves atuais, possuindo por exemplo dentes e bicos.

Pequenos mamíferos conviveram com os dinossauros. Eram ativos, de sangue quente (homeotérmicos), e o seu desenvolvimento embrionário ocorria no interior do corpo materno. Com o desaparecimento dos grandes répteis, os mamíferos dispersaram-se pelo ambiente terrestre, passando a dominá-lo.

Os primeiros mamíferos surgiram no período Triássico, a partir de uma linhagem dos répteis.

Acredita-se que há apenas cerca de 5 milhões de anos, a partir de macacos primitivos que viviam na África, teriam surgido os originadores da linhagem da qual derivaram os chimpanzés e o ser humano.

A partir de então, ambos evoluíram separadamente. Apesar das diferenças, a ordem dos primatas mantém características comuns, tais como: cinco dedos nas mãos e nos pés, com o polegar em oposição aos outros dedos, permitindo segurar objetos e agarrar-se a galhos

de árvores com maior firmeza; visão tridimensional, que lhes permite ver em profundidade, postura ereta e comportamento social.

Acredita-se que nossa espécie *Homo sapiens* surgiu há apenas 300 mil anos, no continente africano. O ser humano adquiriu postura ereta, abandonou as florestas e passou a viver no campo e nas savanas. A postura ereta libertou as mãos e possibilitou o desenvolvimento do cérebro. Adquirindo a inteligência, foi capaz de fabricar e manejar objetos, o que lhe permitiu caçar e explorar o ambiente.

Teste seu saber

1. **(UEL-PR) Nas regiões industrializadas da Inglaterra, as populações de mariposas Biston, de cor clara, foram substituídas gradativamente por outras de cor escura, a partir de 1900. Esse relato constitui um exemplo clássico de:**

a) competição
b) recapitulação
c) seleção natural
d) irradiação adaptativa
e) convergência adaptativa

2. **(UCMG) Numa cidade com 10 mil pessoas, verifica-se que 900 são albinas. A frequência do gene recessivo será:**

a) 0,003 b) 0,03 c) 0,09 d) 0,3 e) 0,9

3. **(UFRN) O gene que determina grupo sanguíneo do tipo "M" não é dominante sobre o alelo que determina sangue do tipo "N". O heterozigoto é "MN". Numa população, 36% dos indivíduos pertencem ao grupo "M". As frequências esperadas para os indivíduos de sangue "N" e "MN" são, respectivamente:**

a) 16% e 48%
b) 18% e 40%
c) 40% e 36%
d) 40% e 48
e) 72% e 36%

4. **(Fuvest-SP) "Mais espécies podem manter-se numa mesma área, quanto mais elas divergirem em sua estrutura, hábitos e constituição".**

(Charles Darwin, em *A origem das Espécies*)

Nessa frase, está implícito o conceito ecológico de

a) sucessão
b) cadeia alimentar
c) nível trófico
d) nicho ecológico
e) mutualismo

5. **(Fuvest-SP) De acordo com a Paleontologia, a Anatomia Comparada e a Embriologia, qual dos esquemas abaixo melhor representa a linha evolutiva dos vertebrados?**

a) peixes → anfíbios → répteis → aves / mamíferos

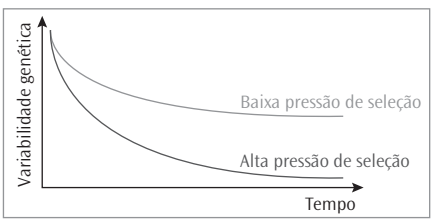
b) peixes → anfíbios → mamíferos / répteis → aves

c) peixes → anfíbios → répteis → aves → mamíferos

d) peixes → anfíbios → répteis → aves / mamíferos

e) peixes → anfíbios → répteis → mamíferos → aves

6. **(Unesp-SP) Com base no gráfico e no tema seleção natural assinale a alternativa incorreta:**



a) O processo de seleção natural atua de forma mais rápida na população quando a interferência humana é capaz de alterar bruscamente o ambiente.
b) Quanto mais intensa for a pressão de seleção sobre um determinada população, maior será a sua variabilidade genética.
c) A seleção natural organiza e dirige a evolução tornando as populações mais adequadas a sobreviver e deixar descendentes.
d) A seleção natural está diretamente relacionada com o sucesso reprodutivo dos indivíduos na população, enquanto as condições ambientais estão associadas à sobrevivência da população em geral.
e) A seleção natural não atua ao acaso; ao contrário, sua atuação é orientada e também depende da heterogeneidade espacial e temporal.

7. **(Vunesp-SP) Em se tratando de evolução, o que nos mostra a existência de órgãos homólogos e de órgãos análogos?**

8. **(Vunesp-SP) Tanto para Lamarck quanto para Darwin, o ambiente tinha um papel importante no processo evolutivo.**
a) Qual dos dois cientistas admitia que o ambiente selecionava a variação mais adaptativa?

b) Qual o pensamento do outro cientista sobre o papel do ambiente no processo evolutivo?

9. **(UFRJ) O seguinte texto foi divulgado através da imprensa. "O número de lagartas que ataca o algodoeiro é regulado por seus predadores naturais. No entanto, o uso indiscriminado de inseticidas para acabar com as lagartas resultou no extermínio de seus predadores, enquanto elas desenvolveram resistência aos inseticidas". Com base na teoria moderna da evolução, como você explica a expressão "desenvolveram resistência" no texto acima?**

Descomplicando a Biologia

(PUC-RS) A ilustração ao lado se refere a duas espécies de esquilo, o de Abert (à esquerda) e o de Kaibad (à direita). Ambas as espécies habitam a área do Grand Canyon em regiões distintas, separadas pelo Rio Colorado. Diferenças anatômicas sugerem que essas espécies surgiram a partir de um ancestral comum, antes de sofrerem isolamento pela formação do Canyon.

Além do isolamento geográfico, dois fatores que contribuíram para formação da espécie acima foram:

a) a deriva genética e a seleção natural.
b) a emigração e a mutação.
c) alterações climáticas e mutações.
d) a mutação e a recombinação.
e) a seleção natural e a especiação.

Resolução e comentários

O isolamento geográfico é a condição básica para o início do processo de especiação. Populações de uma mesma espécie, separadas geograficamente, sofrem de maneira diferenciada a ação dos fatores evolutivos (mutação, recombinação e seleção natural), originando espécies diferentes.

A alternativa correta é a **d**.

22 Ecologia

Introdução

Ecologia é o estudo das relações entre os seres vivos e o ambiente em que vivem. O termo ecologia apareceu pela primeira vez em 1866, e é atribuído ao naturalista alemão Ernest Haeckel. Deriva do grego *oikos* = casa, e *logos* = estudo.

Nas últimas décadas, com o crescimento populacional, o ser humano passou a ocupar cada vez mais espaço no meio ambiente, e esses espaços são ocupados sem nenhum controle, agredindo a natureza, com efeitos desastrosos à flora, à fauna, poluindo rios e oceanos, alterando a qualidade do ar, comprometendo a vida na Terra.

Em consequência desses efeitos, começou a haver uma preocupação com a natureza. O termo ecologia passou a ocupar jornais e revistas, prestando imensas contribuições à manutenção da vida no planeta.

É imprescindível que o respeito à natureza seja adquirido nos primeiros anos de vida. Os pais, a escola, toda a sociedade têm de investir na criança, para que ela cresça consciente da importância de preservar seu planeta. A Constituição da República Federativa do Brasil, no Título VIII (Da ordem social), Capítulo VI (Do meio ambiente), em seu artigo 225, diz que: "Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações".

Conceitos fundamentais em Ecologia

Espécie é a unidade de classificação dos seres vivos, e podemos definir espécie como um conjunto de seres vivos que apresentam as

mesmas características morfológicas, fisiológicas e comportamentais e que podem cruzar-se entre si, produzindo descendentes férteis.

Organismos de uma mesma espécie, quando habitam um determinado espaço, ao mesmo tempo, constituem uma **população**.

Ao conjunto de populações que interagem em um determinado meio dá-se o nome de **comunidade** ou **biocenose**, que é a parte biótica (conjuntos de seres vivos) do ecossistema. A comunidade pode ser formada por espécies de plantas e animais que se inter-relacionam e ocupam o mesmo espaço.

Ao conjunto de seres vivos e do seu meio ambiente físico (biótopo), incluindo suas relações, dá-se o nome de **ecossistema**. O conceito de ecossistema é bastante abrangente com relação ao tamanho — uma lagoa, um rio, uma ilha, um oceano podem ser chamados de ecossistema. Assim, uma ilha com sua vegetação, seus animais, seu tipo de solo, seu clima, forma um ecossistema.

Bioma é um conjunto diversificado de ecossistemas; representa grandes subdivisões do planeta Terra (conjuntos das águas salgadas, das águas doces e terrestre). O conjunto dos biomas forma a **biosfera**. O termo biosfera refere-se a toda parte do planeta habitada por seres vivos.

Sucessão ecológica

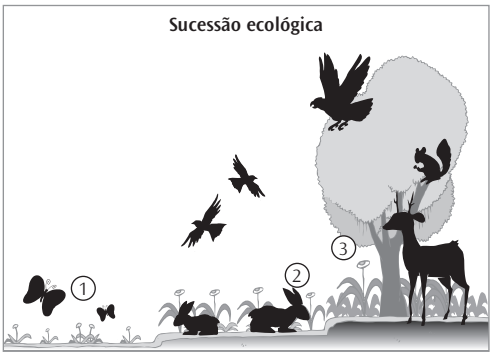
O desenvolvimento de um ecossistema é chamado de sucessão ecológica e envolve processos de mudanças na estrutura de espécies e comunidades ao longo do tempo.

A sucessão normalmente caminha para um estágio clímax, isto é, a comunidade final do desenvolvimento. Durante o clímax as mudanças continuam ocorrendo de uma maneira estável e equilibrada.

Etapas de uma sucessão ecológica

Toda comunidade, até atingir seu equilíbrio, passa por três etapas: comunidades pioneiras, comunidades intermediárias e comunidade clímax.

Ivan Coutinho



(1) Comunidade pioneira;
(2) Comunidade intermediária;
(3) Comunidade clímax.

Comunidades pioneiras

São formadas pelos primeiros organismos a se instalarem em um local.

Normalmente, a colonização se inicia em locais hostis à vida, como por exemplo: desertos, superfícies rochosas, locais de altas ou baixas temperaturas, regiões desmatadas.

Existem na natureza espécies de seres vivos que conseguem sobreviver em locais hostis à vida, é o caso dos liquens (associação de algas azuis ou cianobactérias e fungos).

Estruturas reprodutoras dos liquens, constituídas por pequenas hifas e fungos, são levadas pela água, e ao se fixar numa rocha, conseguem se desenvolver, pois os fungos retêm a umidade do ar e as algas fazem fotossíntese, produzindo alimento para ela e para o fungo.

Com o tempo, liquens vão morrendo e sendo decompostos pelos agentes decompositores, formando no solo uma camada de matéria orgânica, preparando o solo para que outras espécies se desenvolvam.

As espécies que primeiramente se instalam são chamadas de pioneiras. Os liquens, além de contribuírem para a formação da camada orgânica, protegem o solo contra os efeitos da erosão, modificando aos poucos o ambiente, tornando-o propício ao desenvolvimento de outras espécies.

Sementes ou esporos trazidos pelo vento ou por pássaros e depositados sob a matéria orgânica começam a germinar, surgindo no local pequenos arbustos, musgos, gramíneas (vegetação de pequeno porte) denominadas comunidade intermediária. Já com uma vegetação mais desenvolvida, o local sofre modificações climáticas, atraindo insetos, aves e animais de pequeno porte.

Aos poucos a vegetação de pequeno porte vai sendo substituída por árvores de grande porte e por uma maior variedade de espécies, tanto de animais como de vegetais.

Com o tempo, a flora e a fauna vão se tornando mais estáveis, até a comunidade atingir o estágio de clímax.

A comunidade clímax constitui o estágio final da sucessão ecológica, com um microclima próprio, a fauna e flora totalmente adaptadas.

Nesse estágio, praticamente só vão ocorrer substituições dos seres vivos que vão morrendo.

Teste seu saber

1. (Unicamp-SP) O uso indiscriminado da palavra *ecologia* tem levado a acentuado desgaste de seu significado original, às vezes, por grupos interessados apenas em tirar proveito da situação, sem interesse científico e sem a seriedade que o assunto requer. Dê o conceito biológico da palavra *ecologia* e apresente um argumento favorável e outro contrário às atividades dos grupos acima referidos.

2. (UFMG) "A 26 de agosto de 1882 a pequena ilha vulcânica de Cracatoa, situada a 41 km de Java, voou pelos ares numa tremenda explosão, que foi percebida a mais de 1.600 km de distância. Partes da ilha desapareceram completamente e as que resistiram foram cobertas por uma camada tão espessa de cinza quente que nenhuma planta ou animal sobreviveu. Três anos após a explosão, viu-se que o solo estava coberto de cianofíceas e descobriram-se 11 espécies de filicíneas e 15 de fanerógamas. Os animais surgiram logo após as plantas. Em 1889, sete anos após a explosão, havia muitos tipos de artrópodes (aranhas, moscas, besouros, borboletas, mariposas). Por volta de 1920, a lista de animais aumentava para 513 espécies (incluindo representantes de répteis, aves e mamíferos). Dez anos mais tarde, Cracatoa estava coberta por uma floresta jovem, mas densa".

a) Como se denomina o fenômeno ecológico ocorrido na ilha a partir da erupção vulcânica até dez anos depois?

b) Qual o papel dos organismos pioneiros no ambiente físico?

c) Por que no processo de reorganização da natureza em Cracatoa os heterótrofos não poderiam ter sido os organismos pioneiros?

Descomplicando a Biologia

(UFA) Com base em projeções realizadas por especialistas, prevê-se, para o fim do século XXI, aumento de temperatura média, entre 1,4 °C e 5,8 °C. Como consequência desse aquecimento, possivelmente o clima será mais quente e mais úmido bem como ocorrerão mais enchentes em algumas áreas e secas crônicas em outras. O aquecimento também provocará o desaparecimento de algumas geleiras, o que acarretará o aumento do nível dos oceanos e a inundação de certas áreas litorâneas. As mudanças climáticas previstas para o fim do século XXI:

a) provocarão a redução das taxas de evaporação e de condensação do ciclo da água.
b) poderão interferir nos processos do ciclo da água que envolvem mudanças de estado físico.
c) promoverão o aumento da disponibilidade de alimentos das espécies marinhas.
d) induzirão o aumento dos mananciais, o que solucionará os problemas de falta de água no planeta.
e) causarão o aumento do volume de todos os cursos de água, o que minimizará os efeitos da poluição aquática.

Resolução e comentários

De acordo com o enunciado, as possíveis consequências do aumento da temperatura média no planeta serão:

- Alteração no clima, que será mais quente e úmido.
- Ocorrência de mais enchentes em algumas áreas e de secas crônicas em outras.
- Desaparecimento das geleiras, aumento do nível dos oceanos e inundação de certas áreas litorâneas.

Todas as consequências citadas acima têm relação com os processos do ciclo da água que envolvem mudanças de estado físico.

Assim, a alternativa correta é a **b**.

23 Estrutura dos ecossistemas

Ecossistema é definido pela inter-relação entre os componentes abióticos (solo, água, ar, luz e nutrientes) e os componentes bióticos (seres vivos).

Dentro dos limites de um ecossistema, a energia solar tem um papel fundamental na produção de alimento. Essa energia segue um fluxo unidirecional, passando por diversos níveis de seres vivos — é o fluxo de energia e de matéria.

As substâncias inorgânicas são reaproveitadas em processos complexos que envolvem decompositores, processos químicos e geológicos — os ciclos biogeoquímicos. Vamos estudar cada um desses processos.

Fluxo de energia e de matéria

Os componentes bióticos que fazem parte de um ecossistema pertencem a uma dessas três categorias: produtores, consumidores ou decompositores.

Produtores, também chamados de seres autotróficos, são aqueles que conseguem produzir seus próprios alimentos. A partir da matéria inorgânica simples, produzem compostos orgânicos.

Dependendo da fonte de energia utilizada pelos organismos, os produtores podem ser de dois tipos: os quimiossintetizantes e os fotossintezantes.

Os *quimiossintetizantes* retiram a energia de que necessitam das reações de oxidações que ocorrem com a matéria inorgânica. Como exemplo, temos as bactérias denominadas nitrobactérias, porque oxidam compostos que possuem nitrogênio.

Os *fotossintetizantes* retiram a energia de que necessitam da luz solar. São os fotossintetizantes os grandes responsáveis pela totalidade da produção de matéria orgânica na natureza. Nos ecossistemas terrestres há um predomínio dos angiospermas, e nos ecossistemas aquáticos predominam as algas.

Consumidores, também chamados de heterotróficos, são os seres incapazes de produzir seus próprios alimentos. Em decorrência disso, alimentam-se de produtores ou de outros consumidores. Os consumidores são classificados em: primários, secundários, terciários e assim por diante.

O consumidor primário, ou de 1ª ordem, é o que se alimenta diretamente dos produtores. É o caso de animais herbívoros, como o coelho, a vaca, o cavalo etc.

Os consumidores secundários, ou de 2ª ordem, são os que se alimentam dos herbívoros ou consumidores de 1ª ordem. São animais carnívoros, como a coruja, a cobra etc. Os de 3ª ordem, ou terciários, são aqueles que se alimentam dos secundários ou de 2ª ordem, como o tigre, a onça, o falcão. Existem também os seres onívoros, que possuem alimentação mista, ingerindo alimentos tanto de origem animal como vegetal.

Decompositores são organismos que se alimentam da matéria morta. Geralmente são micro-organismos (bactérias e fungos). São capazes de degradar a matéria orgânica morta, transformando-a em compostos inorgânicos.

O Sol é a principal fonte de energia que alimenta a Terra. Por meio dos seres fotossintetizantes, essa energia é transformada em energia química e armazenada nos alimentos orgânicos. O alimento orgânico é a matéria- prima para os seres vivos realizarem suas funções vitais.

O processo que permitirá aos seres vivos liberarem a energia contida nos alimentos é a respiração. Pela respiração, e em presença do oxigênio, a molécula orgânica é degradada em água e gás carbônico, liberando energia.

A respiração é realizada tanto pelos produtores como pelos consumidores.

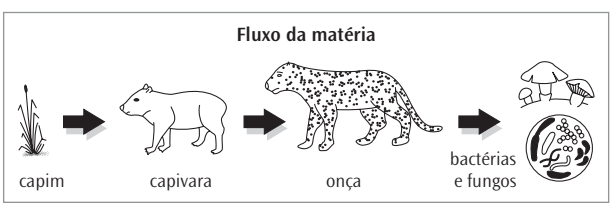
Direcionamento dos fluxos energéticos e da matéria

O fluxo da matéria e da energia é sempre contínuo, dos produtores até os decompositores, podendo ou não passar pelos consumidores.

A energia da matéria é sempre transferida de um ser ao outro, na medida em que um se alimenta do outro.

A energia flui unidirecionalmente na natureza; uma vez utilizada pelos seres vivos em seus processos vitais, não é mais reaproveitada. Já a matéria tem um comportamento cíclico, voltando sempre ao produtor e sendo normalmente reaproveitável.

Markus Steiger



Cadeias e teias alimentares

Cadeias alimentares são sistemas de transformação de energia dos produtores aos consumidores, através de elos de ligação em que um serve de alimento para o outro.

Nas cadeias alimentares, estabelecem-se diversos níveis tróficos ou alimentares. Normalmente, reconhecem-se quatro níveis tróficos: primário, secundário, terciário e quaternário.

O **nível primário** é sempre representado pelos produtores.

O **nível secundário** é representado pelos consumidores primários ou de 1ª ordem.

O **nível terciário** é representado pelos consumidores secundários ou de 2ª ordem.

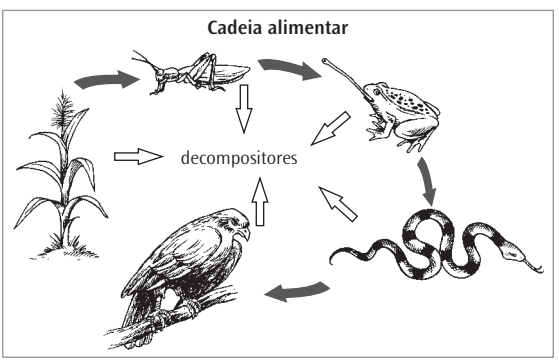
O **nível quaternário** é representado pelos consumidores terciários ou de 3ª ordem.

O **último nível** é sempre representado pelos decompositores.

Nas cadeias alimentares, quando a energia passa de um nível trófico para outro, ocorre perda de energia na forma de calor.

Podemos dizer que, quanto mais curta for a cadeia alimentar, maior será a energia disponível.

Fabiana Fernandes

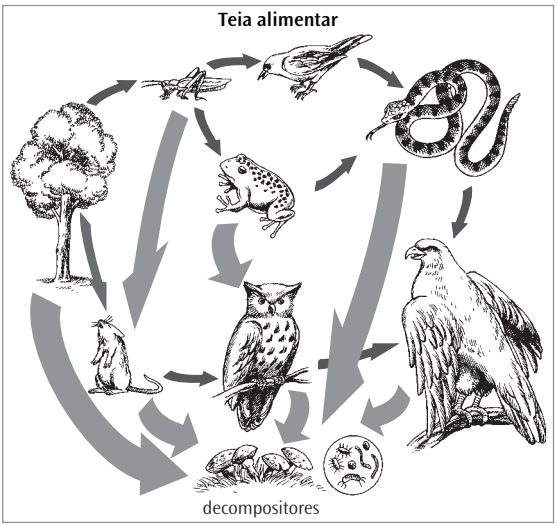


Neste esquema, o milho é o produtor, o gafanhoto é o consumidor de 1ª ordem, o sapo é o consumidor de 3ª ordem e o gavião é o consumidor de 4ª ordem. Todos os decompositores são do último nível.

Teia alimentar

É o conjunto de cadeias alimentares de uma comunidade. A cadeia alimentar é geralmente linear, mostra apenas um caminho seguido pela matéria e energia; já nas teias alimentares ocorrem inúmeras relações entre os componentes de uma comunidade.

Fabiana Fernandes



Pirâmides ecológicas

Para identificar um determinado ecossistema, é de fundamental importância reconhecer a teia alimentar, a transferência de matéria e de energia que ocorre no ecossistema.

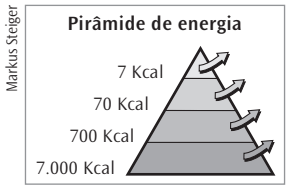
Esses processos podem ser representados de forma quantitativa por pirâmides ecológicas, pois em cada nível trófico ocorre perda de energia e de matéria, e o gráfico representado acaba por adquirir a forma de uma pirâmide.

Pirâmide de energia

A transferência de energia ao longo da cadeia alimentar não é um processo cíclico, o fluxo de energia é decrescente ao longo da cadeia.

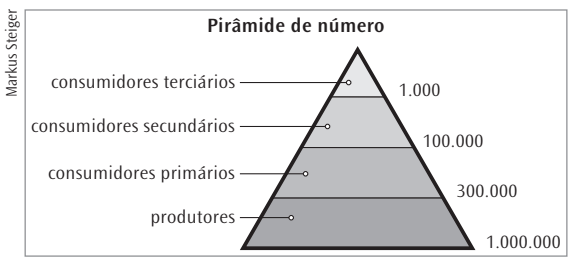
Quanto mais longe um nível trófico estiver do nível dos produtores, menor será a quantidade de energia recebida.

Uma pirâmide de energia nunca será invertida, pois um nível trófico terá necessariamente maior quantidade de energia do que o nível trófico seguinte.



Pirâmide de número

Representa o número de indivíduos presente em cada nível trófico. Por exemplo: um milhão de plantas (produtores) serão necessárias para alimentar 300 mil consumidores primários, que servirão de alimento para 100 mil consumidores secundários, que servirão de alimento para mil consumidores terciários.

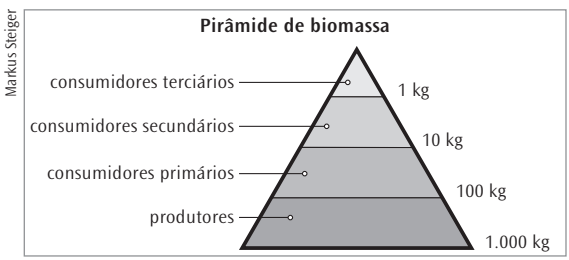


A pirâmide de número pode apresentar o ápice para cima quando o número de produtores for muito grande em relação ao de consumidores. Mas, em uma floresta, um número pequeno de árvores pode servir de alimento para um número maior de insetos, que por sua vez servirão de alimento para um número maior de protozoários parasitas; neste caso, a pirâmide será invertida.

Pirâmide de biomassa

Denominamos biomassa a soma das massas de todos os indivíduos que compõem um determinado nível trófico. Apenas uma pequena parcela da massa adquirida por meio dos alimentos é transformada em matéria viva.

A grande parcela serve como fonte de energia e é eliminada para o meio ambiente na forma de resíduos respiratórios (CO_2, H_2O) e excreção (ureia).



Markus Steiger

A biomassa é a soma das massas de todos os indivíduos de um nível trófico.

Ciclos biogeoquímicos

Definições gerais sobre os ciclos biogeoquímicos

A vida na Terra se desenvolve por constante reciclagem de nutrientes. Os mesmos elementos químicos circulam nas cadeias biogeoquímicas, e estão presentes ora nos seres vivos, ora no meio externo.

Nos ciclos biogeoquímicos, os seres decompositores — bactérias e fungos — desempenham um papel primordial. Com a morte do organismo, a matéria é decomposta por eles, e os elementos químicos resultantes são novamente colocados à disposição do ambiente e de outros seres vivos.

Na biosfera, ocorrem vários ciclos biogeoquímicos.

Ciclo da água

A água é o composto inorgânico mais abundante, tanto na constituição dos seres vivos como no ambiente.

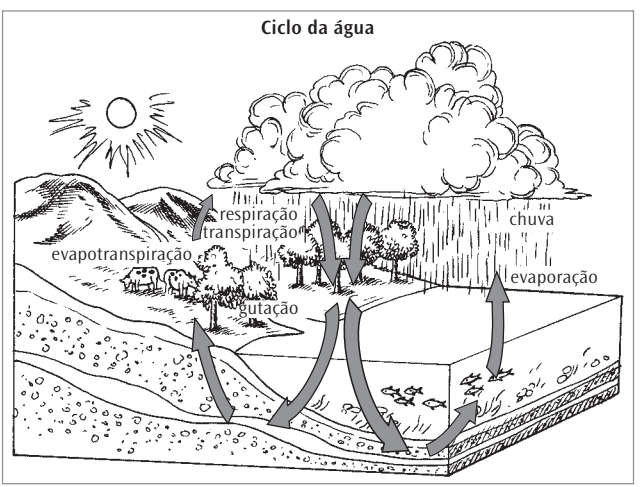
O ciclo da água pode ser dividido em ciclo curto e ciclo longo.

No ciclo curto as águas contidas nos mares, rios, lagos, a que se encontra misturada com o solo, é aquecida pelo calor do sol, evapora-se do ambiente e se condensa em forma de nuvens na atmosfera, devido ao resfriamento em maiores altitudes. Depois, ocorre a precipitação na forma líquida, como chuva ou neblina, ou na forma sólida, como neve ou granizo, voltando novamente à superfície.

No ciclo longo, participam os seres vivos. As plantas absorvem água do solo, que é fundamental para a realização da fotossíntese. Posteriormente a água é liberada pelo processo da respiração e transpiração das plantas.

Em função desses processos, as florestas tropicais densas estão sempre úmidas, contribuindo para manutenção do clima da Terra.

Fabiana Fernandes



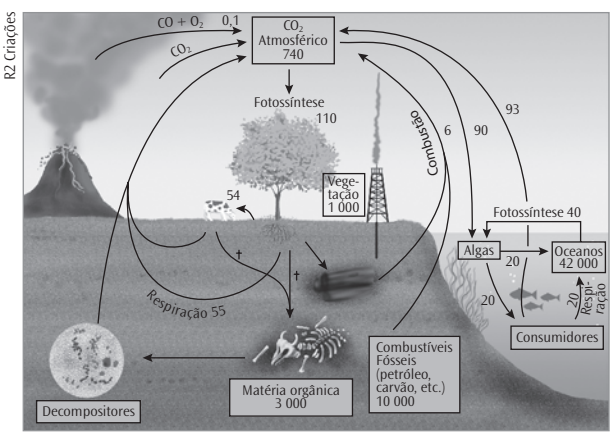
Ciclo do carbono

O carbono é um elemento encontrado sob duas formas: na forma de CO_2 (dióxido de carbono) existente no ar e dissolvido na água, e na composição das moléculas dos seres vivos e pelos depósitos de combustíveis fósseis, como o carvão e o petróleo.

Pelo processo da fotossíntese, o CO_2 é fixado e transformado em matéria orgânica pelos produtores. Os consumidores adquirem carbono ingerindo a matéria orgânica.

Tanto os animais como os vegetais perdem carbono pela respiração. O carbono que fica retido na biomassa retorna à terra pelos excrementos e cadáveres dos animais e restos dos vegetais, que serão decompostos pela ação dos decompositores.

O ser humano interfere no ciclo do carbono na medida em que remove cobertura vegetal, por derrubada ou queimada de florestas, poluição dos mares com derramamento de petróleo, impedindo que a luz penetre na água e, em consequência da não realização da fotossíntese pelos vegetais aquáticos, o que desequilibra toda cadeia alimentar do ambiente.



Ciclo do oxigênio

Cerca de 21% da atmosfera terrestre são constituídos de oxigênio (O_2) livre; o oxigênio encontra-se também dissolvido na água, mas em percentual menor.

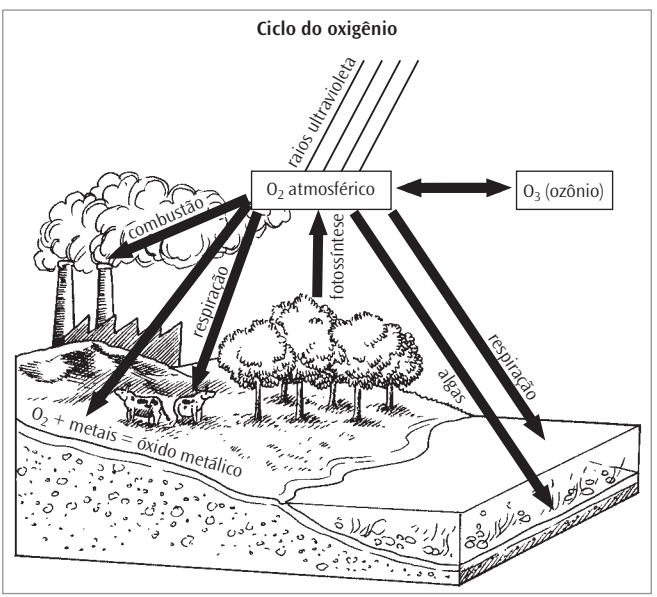
O oxigênio é utilizado nas atividades respiratórias de todos os animais e vegetais.

É um gás comburente, alimenta as combustões.

Forma a camada de ozônio (O_3) que protege a Terra contra a ação dos raios ultravioleta.

Pela ação dos seres fotossintetizantes, o oxigênio volta à atmosfera; principalmente pela ação do fitoplâncton.

Fabiana Fernandes



Ciclo do nitrogênio

Por fazer parte das moléculas dos ácidos nucleicos, das proteínas, da clorofila e de alguns outros compostos, o nitrogênio é de fundamental importância para a vida na Terra.

O nitrogênio é encontrado na forma N_2 (gás nitrogênio) e representa 78% de todo o ar atmosférico.

São raros os seres vivos que aproveitam o nitrogênio diretamente da atmosfera.

Alguns micro-organismos conhecidos como fixadores de nitrogênio possuem a capacidade de fixar o nitrogênio em suas moléculas orgânicas.

Fixação do nitrogênio, nitrificação e desnitrificação

As bactérias dos gêneros *Rhizobium* e *Azotobacter*, as cianobactérias (algas azuis) do gênero *Nostoc* são grandes fixadores de nitrogênio tanto do ar como da água.

Esses microrganismos, quando morrem, liberam nitrogênio na forma de amônia (NH_3) para o solo.

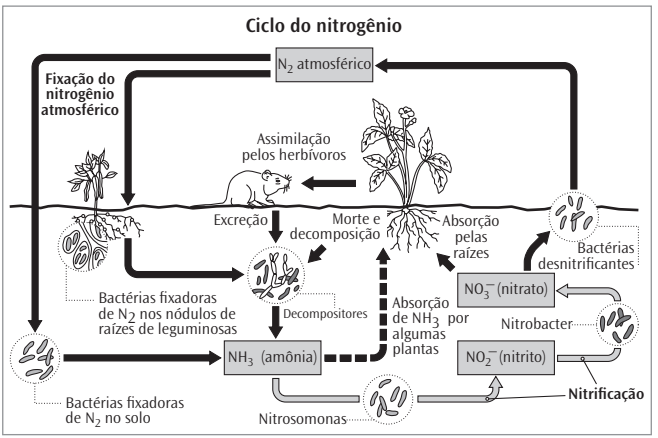
A amônia é aproveitada por outras bactérias do solo, sendo transformada em nitratos (NO_3^-) — nitrificação, que pode ser utilizado pelas plantas.

As bactérias do gênero *Rhizobium* vivem em nódulos presentes nas raízes de algumas leguminosas, como o feijão, a soja, a ervilha etc. e têm a capacidade de reter o nitrogênio, transformando-o em nitratos e recebendo açúcares da planta; é um caso de simbiose ou mutualismo.

As cianobactérias também são excelentes fixadoras de nitrogênio, adquirindo com isso um grande poder adaptativo, conseguindo sobreviver em ambientes estéreis, procedendo como organismos pioneiros na instalação de uma comunidade.

Veja, a seguir, uma representação do ciclo do nitrogênio.

Markus Steiger



As plantas aproveitam o nitrogênio na forma de nitratos, e estes passam a fazer parte das moléculas orgânicas. Os animais, alimentando-se dos vegetais, adquirem os nitratos.

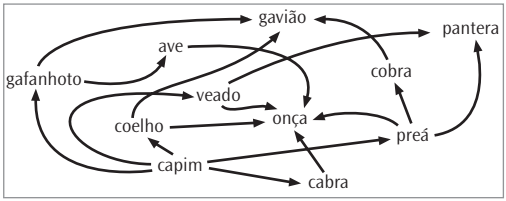
Na cadeia alimentar, as proteínas e os ácidos nucleicos acabam por ser degradados, produzindo resíduos nitrogenados, tais como: amônia, ureia e ácido úrico, que são eliminados pela excreção dos animais.

Os resíduos nitrogenados também voltam ao solo quando morrem animais e vegetais; a amônia, voltando ao solo, pode passar novamente pelo processo de nitrificação.

Nem todo composto nitrogenado sofre a ação das bactérias nitrificantes; alguns são convertidos, pela ação das bactérias desnitrificantes, em gás nitrogênio, que é liberado para a atmosfera.

Teste seu saber

1. (FESP-PE) Num ecossistema, existem complicadas relações alimentares entre produtores, consumidores e decompositores. O esquema abaixo representa uma teia alimentar onde são vistas essas relações alimentares.



Baseado no gráfico acima, assinale a alternativa que indica apenas consumidores de 2ª ordem, considerando as diversas cadeias alimentares existentes nessa teia alimentar:

a) gafanhoto, ave, veado
b) cobra, ave, pantera
c) coelho, onça, gavião
d) gavião, preá, ave
e) veado, cobra, onça

2. (PUC-RS) Os ciclos do carbono e do oxigênio estão inter-relacionados por estar diretamente associados:

a) à fotossíntese e à respiração
b) a organismos mortos e a decompositores
c) a organismos mortos e à fotossíntese
d) à respiração e à combustão
e) à fotossíntese e à combustão

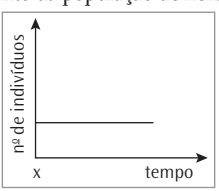
3. (Fuvest-SP) "Da noite para o dia são capazes de depenar completamente um arbusto de pomar. No entanto, não usam as folhas como alimento e sim como adubo para suas hortas subterrâneas. No formigueiro, os pedaços de folhas transportados são mastigados e empapados de saliva até se transformarem em uma espécie de massa esponjosa sobre a qual se desenvolve um mofo. Desse bolor, as saúvas cuidam com o maior carinho. À força de mandíbulas, destroem qualquer "erva daninha" que tente proliferar e podam o mofo, cortando-lhe extremidades dos filamentos, o que provoca, no lugar cortado, a formação de umas bolinhas que estas sim – constituem o alimento das saúvas."

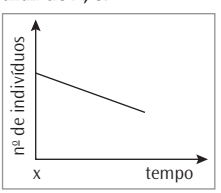
Texto reproduzido de Frota Pessoa, O. *Biologia na Escola Secundária*, 2ª ed., 1962, Ministério da Educação e Cultura.

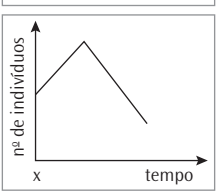
Na situação descrita no texto, os níveis tróficos ocupados pelo mofo e pala saúva são, respectivamente, de:

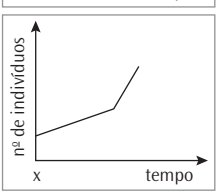
a) consumidor primário e consumidor primário
b) consumidor primário e consumidor secundário
c) consumidor primário e decompositor
d) decompositor e consumidor primário
e) produtor e consumidor primário

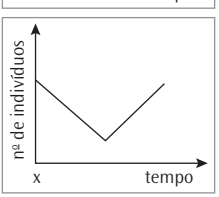
4. (Fuvest – SP) Numa comunidade, integram-se três populações, constituindo uma cadeia alimentar: produtores, consumidores primários e consumidores secundários. Um fator externo provocou o extermínio do população carnívora no tempo X. O gráfico que representa o comportamento da população de herbívoros, a partir de X, é:

a)


b)


c)


d)


e)


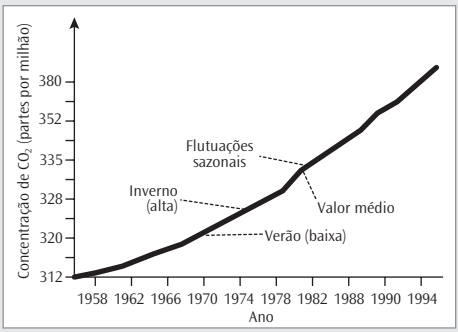
5. (FMB-MG) Por que podemos dizer que um ecossistema é sempre "aberto" em relação à energia?

6. (EEM-SP) Dar exemplos de decompositores e explicar qual a sua importância em um ecossistema.

7. (Fuvest-SP) Construa uma cadeia alimentar com os elos essenciais, servindo-se de exemplos brasileiros. Indique nessa cadeia, com uma seta, o gradiente decrescente no fluxo de energia.

Descomplicando a Biologia

(UFT) Analise este gráfico, em que está representada a variação da concentração de CO_2 na atmosfera, ao longo dos anos:



As informações deste gráfico, bem como outros conhecimentos sobre o assunto, permitem concluir que o aumento de CO_2 no inverno se explica, possivelmente, porque, nesse período, ocorre:

a) maior abertura dos estômatos
b) maior desmatamento de áreas
c) menor queima de combustíveis fósseis
d) menor taxa de fotossíntese

Resolução e comentários

Este gráfico só serve como ilustração, ou seja, as informações nele contidas não são determinantes para o acerto da questão. O que se deve analisar no gráfico já está indicado no enunciado: o aumento do CO_2 no inverno. Grande parte das florestas perde folhas no inverno, reduzindo a fotossíntese e a incorporação de CO_2. E, como os processos de decomposição continuam ocorrendo e os seres vivos não deixam de respirar, as concentrações de dióxido de carbono aumentam nessa estação.

A resposta correta está na alternativa **d**.

24 A interferência humana e o desequilíbrio ecológico

Poluição ambiental

Há vários poluentes que contaminam o nosso ambiente. Água, ar e solo são contaminados por substâncias não biodegradáveis, que permanecem nas cadeias alimentares por longo tempo.

Poluição das águas

Os rios, mares, lagos servem de despejo para inúmeros poluentes, tais como: esgotos não tratados, plásticos, produtos químicos como o mercúrio, agrotóxicos, petróleo. Muitos desses produtos não se degradam e passam de um elo para o outro na cadeia alimentar, prejudicando várias populações.

O excesso de nutrientes jogados pelos esgotos não tratados provoca a eutrofização — fenômeno desencadeado pelo crescimento exagerado de algas planctônicas, devido ao excesso de matéria orgânica —, criando uma grossa camada de algas na superfície das águas, o que impede a entrada da luz na água. Sendo assim, não ocorre fotossíntese nas camadas mais profundas, e as algas que estão abaixo da superfície, e que fazem parte da base das cadeias alimentares aquáticas, morrem.

Poluição do ar

São vários os agentes químicos e físicos que atuam como poluentes do ar. Entre eles destacam-se:

- **monóxido de carbono** (CO): gás resultante da combustão dos derivados do petróleo e do carvão mineral. A reação entre o CO e a hemoglobina resulta em um composto estável, a car-

boemoglobina, que impede a hemoglobina de transportar o oxigênio, tornando-se um risco à saúde.

- **dióxido de carbono** (CO_2): resultante da respiração aeróbica e da fermentação. Gás necessário para o processo da fotossíntese, mas a uma taxa de 0,03% do ar atmosférico; acima desse percentual, pode se tornar tóxico, causando problemas à saúde e ao ambiente.
- **óxido de enxofre** (SO_2 e SO_3): deriva da manipulação de minérios sulfurosos e da queima de combustíveis que contêm enxofre. Presente no ar, é um dos responsáveis pelas chuvas ácidas que causam danos ao sistema respiratório.
- **hidrocarbonetos**: resultantes da queima de combustíveis dos automotores; ao se evaporar, produzem benzeno e benzopireno. Essas substâncias, agindo sobre a pele, têm efeito cancerígeno.

Poluição do solo

Com o desmatamento e a queima das florestas, o solo desprotegido vem sofrendo rapidamente o processo da erosão, pela ação das chuvas e dos ventos. Além da erosão, esse processo pode também provocar a lixiviação, isto é, as águas das chuvas carregam a camada mais rica em sais minerais e matéria orgânica para os rios, empobrecendo a terra.

A erosão provoca também o assoreamento, isto é, depósito de detritos no fundo dos rios, tornando-os mais rasos, e facilitando, portanto, o transbordamento e as inundações.

O lixo urbano, industrial, radioativo, agrotóxico (utilizados no combate às pragas na agricultura) é também grande destruidor do solo, podendo contaminar lençóis freáticos e poluir a água potável.

Efeito estufa

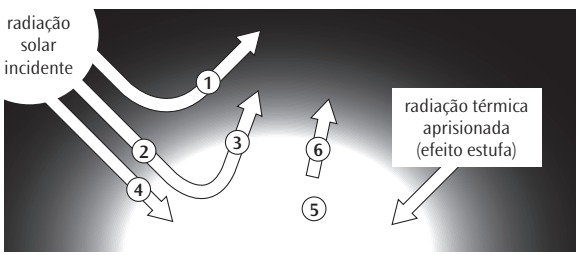
Uma camada de gases envolve a Terra e impede que todo o calor terrestre volte para o espaço; isso mantém a temperatura do

planeta. Mas, com as queimadas, as indústrias e os automóveis, a concentração de dióxido de carbono e outros gases aumentou na atmosfera, que acaba funcionando como uma estufa.

Os efeitos podem ser desastrosos, com o aquecimento das águas e o derretimento das calotas polares, aumentando o nível do mar nos litorais. Esse problema é conhecido como aquecimento global.

Markus Steiger

Representação do efeito estufa



1. radiação refletida pela atmosfera
2. radiação absorvida pela atmosfera
3. radiação refletida pela Terra
4. radiação absorvida pela Terra
5. aquecimento da Terra
6. radiação térmica emitida pela Terra

Destruição da camada de ozônio

A camada de ozônio envolve a Terra há aproximadamente 400 milhões de anos. Sua formação deve-se ao processo de fotossíntese realizado pelas microscópicas algas azuis, que produziram oxigênio para formar uma camada de 15 a 50 km na estratosfera, composta por um gás especial O_3 (ozônio), capaz de impedir a passagem dos raios ultravioletas, que em excesso podem ser prejudiciais à vida.

Mas, desde 1970, quando foi detectado na Antártida um buraco na camada de ozônio, os cientistas alertaram para o perigo do uso de determinadas substâncias químicas capazes de destruir essa camada. Entre elas destaca-se o clorofluorcarbono (CFC) ou gás freon, utilizado em geladeiras, aerossóis, aparelhos de ar-condicionado. Ele

reage com o gás ozônio na estratosfera, liberando O_2 e formando o monóxido de cloro (ClO). O gás freon desencadeia várias reações cujo resultado é a diminuição dos teores de ozônio na atmosfera.

A redução na camada de ozônio permite a passagem dos raios ultravioleta. Isso pode causar problemas no sistema imunológico humano, deficiências genéticas e câncer de pele. A agricultura também seria afetada, com a diminuição na produção de feijão, soja, ervilha, entre outros.

Chuvas ácidas

Uma mistura de poluentes atmosféricos, eliminados pelas indústrias pela queima de combustíveis fósseis como o petróleo e o carvão mineral, tornam a água da chuva muito mais ácida do que a água das chuvas normais; o ácido sulfúrico, o ácido nítrico e o ácido hidroclorídico são absorvidos pelas gotas de chuva e depois precipitam-se sobre a face da Terra; e é a esse fato que damos o nome de chuva ácida. A chuva ácida contamina plantas, animais, lagos e rios.

A chuva ácida corrói importantes patrimônios artísticos da humanidade, como as colunas de mármore do Partenon, em Atenas, ou os vitrais das catedrais europeias, e interfere no equilíbrio dos ecossistemas.

Desmatamento

O desmatamento sem controle, por meio de queimadas ou de qualquer outro método, com a finalidade de extração de madeiras, de formar pastagens para pecuária, de ocupação de cidades, provoca sérios desequilíbrios ambientais.

O solo, destituído de uma cobertura vegetal, não consegue reter adequadamente a água das chuvas. Dessa maneira as águas normalmente formam enxurradas, reduzindo a infiltração que alimenta as águas subterrâneas, comprometendo os depósitos subterrâneos de água. As enxurradas favorecem também o pro-

cesso de erosão do solo, removendo as camadas mais férteis, o que acaba por empobrecer a terra.

Os sedimentos levados pelas enxurradas podem acumular-se no leito dos rios, diminuindo a capacidade de escoamento das águas e provocando o assoreamento destes, o que favorece as inundações.

As queimadas destroem também o húmus, e a população microbiana do solo compromete sua fertilidade.

Alguns exemplos de desmatamento no mundo:

- os Estados Unidos já desmataram cerca de 160 milhões de hectares de florestas;
- a China era recoberta por 70% de florestas, hoje somente 8% do seu imenso território possui cobertura vegetal;
- a mata atlântica brasileira foi reduzida para 5% de sua área original;
- 10% da floresta Amazônica já foi derrubada;
- as florestas mediterrâneas foram completamente dizimadas.

Lixo urbano e poluentes radioativos

Sabemos que o lixo urbano é um dos principais poluentes do nosso ambiente, e constitui um sério problema para a população, principalmente das grandes cidades. O lixo urbano é composto de diversos materiais degradáveis, como restos de comida, fezes etc., e de material não degradável, como plásticos, que muitas vezes levam centenas de anos para se decompor.

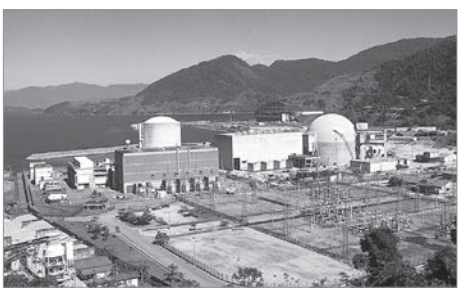
Para se resolver o problema, na grande maioria das vezes, são criados os lixões a céu aberto nas periferias das cidades, o que provoca mau cheiro, proliferação de insetos e doenças, contaminação dos lençóis freáticos.

Um dos métodos de tratamento do lixo são os aterros sanitários, nos quais o lixo é enterrado em camadas, intercalado com areia, mas é necessária uma área grande para ocupá-lo. Pode-se também optar pela incineração, principalmente para o lixo contaminado, como o dos hospitais; o seu problema é a poluição do ar.

Greenpeace

Aterro sanitário.

Divulgação/Eletrobrás Termonuclear



Vista parcial da Central Nuclear de Angra (Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto), localizada na Praia de Itaorna, Município de Angra dos Reis, Estado do Rio de Janeiro.

Uma forma de amenizar o problema do lixo produzido nas cidades, que cada vez mais aumenta de quantidade, é a reciclagem. Com o lixo orgânico também se faz a compostagem, que consiste em transformar a matéria orgânica em fertilizante para o solo. Muitas cidades separam o lixo orgânico dos materiais recicláveis, tais como vidro, papel, metal, que podem ser reaproveitados.

Poluentes radioativos

Atualmente, além dos agravos do lixo urbano, os seres humanos sofrem a ação dos poluentes radioativos, que são altamente nocivos à saúde, e se deparam com o problema de armazenamento do lixo radioativo produzido nas usinas nucleares.

Os poluentes radioativos podem contaminar o ar, o solo e a água por explosões atômicas, como a que ocorreu no final da Segunda Guerra Mundial, em 1945, quando os Estados Unidos lançaram sobre a cidade de Hiroxima, no Japão, a bomba atômica; até hoje a população local sofre os efeitos da radioatividade.

A água utilizada para resfriar os reatores das usinas nucleares, se lançada no meio ambiente, pode provocar vários danos.

O lixo atômico produzido pelas usinas também contamina o meio ambiente. Atualmente, são enterrados dentro de grandes tanques de aço ou cimento; lá permanecerão até que se desintegrem, transformando-se em átomo não radioativo.

Os principais poluentes radioativos são:

- **Estrôncio 90**: contaminando a cadeia alimentar, pode alojar-se nos ossos, pois é semelhante ao cálcio, e, se atingir a medula óssea, pode interferir na produção de hemácias, levando o indivíduo a um estado anêmico, ou até provocar leucemia.
- **iodo 131**: pode alojar-se na tireoide, desequilibrando o metabolismo.
- **césio-137**: pode provocar queimaduras na pele, invalidez e até levar o indivíduo à morte, dependendo da quantidade de material radioativo que o contaminou.

O material radioativo pode também provocar alteração no material genético, provocando mutações que podem ou não ser transmitidas a outras gerações, dependendo das células que forem contaminadas.

O mundo já presenciou alguns acidentes nucleares, como o de Chernobil, na Ucrânia, e em Goiânia, no Brasil, onde uma bomba de césio-137, utilizada para o tratamento de câncer, foi aberta. Outros acidentes em várias partes do mundo têm ocorrido; todos eles provocaram a morte de muitas pessoas e contaminaram o meio ambiente, o qual continua sofrendo os efeitos desastrosos da contaminação radioativa.

Extinção das espécies

Biodiversidade é a imensa variedade biológica de plantas e animais existentes no planeta. E a cada dia novas espécies são descobertas e estudadas. Os grandes biomas terrestres, detentores da maior biodiversidade, são as terras quentes e úmidas, como a floresta Amazônica, e geralmente estão localizados em áreas pouco desenvolvidas e sem recursos para preservá-las. Assim, essas áreas estão sendo cada vez mais ameaçadas pela ação hamana, o que leva os conservacionistas de todo o mundo a lutar pela sua proteção e pela preservação da vida orgânica lá existente.

As alterações por que passa o meio ambiente levam a um empobrecimento inevitável da biodiversidade. Sabemos que qualquer espécie de ser vivo que existe atualmente é fruto de milhões de anos de evolução, e que, quando uma espécie não possuir mais exemplares, ela nunca mais voltará a existir.

Dentre as principais causas que têm levado muitas espécies da fauna e da flora à extinção, estão o crescimento da população mundial, a necessidade cada vez maior de espaços, o desmatamento que destrói hábitats anteriormente ocupados por inúmeras espécies, a caça predatória descontrolada e irresponsável.

Em 2003, o IBGE publicou uma lista que incluía 394 espécies e subespécies de animais ameaçados de extinção, não incluíndo peixes e invertebrados aquaticos. Estes são alguns dos animais e vegetais mundialmente ameaçados de extinção.

Entre elas podemos encontrar:

1. **Leopardo-das-neves (*Phantera uncia*)**: Habita as regiões montanhosas da Ásia Central, China, até o norte da Índia. Vive entre o limite da vegetação e as neves eternas, em grandes altitudes. É caçado pelo valor de sua pele.
2. **Onça-pintada (*Phantera onça*)**: Seu habitat se estende do sul dos Estados Unidos até a Patagônia. Vive em geral nas florestas tropicais, em matas de cortes ou abrigos rochosos. Sua caça está relacionada ao valor comercial de sua pele.

3. **Gorila-das-montanhas**: Habita a fronteira entre Ruanda e Uganda. Corre risco de extinção por ser vítima das guerras e da caça.
4. **Coala**: Vive na Austrália e mostra-se incapaz de sobreviver na luta contra os mamíferos de origem placentária. Seu habitat tem sido reduzido sistematicamente.
5. **Foca**: Vive em regiões frias. Há vinte anos, houve um massacre no Canadá para vender e utilizar sua pele na fabricação de casacos.
6. **Elefante**: As duas espécies de elefantes existentes (a africana e a asiática) são consideradas ameaçadas de extinção. Vivem frequentemente em cativeiros. O elefante africano é muito caçado pelas presas de marfim, e os asiáticos são utilizados como tração animal.
7. **Pinguim-das-galápagos**: Habita as ilhas Fernandina e Isabela, no arquipélago de Galápagos, nas cavidades das rochas perto do mar. Acredita-se que a causa de seu declínio seja a caça intensiva praticada pelos moradores das ilhas.

Fauna brasileira

1. **Mico-leão-dourado**: Com a devastação da mata Atlântica, o mico-leão-dourado perdeu seu habitat natural. Algumas áreas, como a reserva ecológica do Poço das Antas (RJ), criam o animal, inclusive espécimes trazidos de outras matas ou cativeiros.
2. **Ararinha-azul**: Encontrada nos estados da Bahia e Piauí, muito cobiçada pela sua plumagem.
3. **Veado-campeiro**: Vive em grupos, alimenta-se de gramíneas e de flores dos campos abertos. Comum nos cerrados.
4. **Lobo-guará**: A redução de sua população tem como principal causa o aumento das áreas agrícolas, destruindo seu habitat natural (os cerrados, banhados e alagadiços). Atualmente, encontra-se em sua quase totalidade nas regiões do planalto central, principalmente em Goiás.
5. **Macaco monocarvoeiro ou muriqui**: Vive em trechos reduzidos da mata Atlântica, entre o estado da Bahia e o Paraná. É o

maior macaco das Américas. A ameaça de extermínio está na destruição de seu hábitat.

6. **Cervo-do-pantanal**: Visado pelos caçadores por sua galhada, usada como decoração.

Outras espécies ameaçadas: peixe-boi, surucucu, macaco-aranha, pirarucu, flamingo, urubu-rei, tatu-canastra, tamanduá-bandeira, jabuti, jacaré-do-papo-amarelo, tartarugas-de-couro, preguiça de coleira, falcão, anta, pica-pau-de-cara-amarela, mutum-do-nordeste.

Vegetais em extinção

1. **Pau-brasil**: Abundante na mata Atlântica, praticamente foi extinta na época da colonização. O caule é espesso, de cor vermelha e, quando tratado com solução alcalina, produz um líquido vermelho, muito usado na antiguidade para tingir roupas.
2. **Palmeira juçara**: A extração clandestina do palmito está provocando a extinção das palmeiras palmiteiras.

A exploração irracional das madeiras está levando muitas outras espécies à extinção, tais como: jacarandá, mogno, cerejeira, imbuia, cabreúva, castanheira etc.

Teste seu saber

1. (UFRN) Considere as afirmativas a seguir:

I. O uso do clorofluorcarbono, gás utilizado em *sprays* e geladeiras, vem progressivamente destruindo a camada de ozônio.

II. O óxido de enxofre (SO_2) liberado por algumas indústrias reage com o vapor de água, produzindo gotas de ácido sulfúrico, formando a chuva ácida.

III. O ozônio presente na atmosfera exerce o papel de filtro das radiações ultravioleta, que, em intensidades maiores, são nocivas ao ser humano.

Assinale:

a) se apenas a afirmativa I estiver correta
b) se apenas a afirmativa II estiver correta
c) se apenas a afirmativa III estiver correta

d) se apenas duas afirmativas estiverem corretas
e) se as afirmativas I, II e III estiverem corretas

2. **(Fuvest-SP) Numa comunidade de água doce em que ocorre diminuição de oxigênio como resultado da poluição, são beneficiadas apenas as poluições:**
a) de peixes e de protozoários
b) de bactérias anaeróbicas e do zooplâncton
c) de protozoários
d) de bactérias anaeróbicas
e) do zooplâncton

3. **(UFSC) Como um envelope, a camada de ozônio recobra o mundo inteiro, a uma altitude media de 28 quilômetros. Esse gás azulado protege a superfície ao enfraquecer os raios ultravioletas vindos do sol. Em 1974, uma equipe de cientistas liderada pelo químico americano Mario Molina descobriu que os CFCs, gases empregados em geladeiras, aparelhos de ar condicionado e aerossóis, estavam destruindo esse filtro protetor.**
A prova surgiu em 1977, quando foi detectado um buraco na camada de ozônio sobre a região da Antártida, equivalente a duas vezes e meia o território do Brasil.

(Revista *Superinteressante*, set. 1999)

Considere as três afirmativas a seguir:
I. A destruição de camada de ozônio pode aumentar o índice de câncer de pele na população mundial, uma vez que ela nos protege de um conhecido agente mutagênico físico: os raios ultravioletas.
II. Um dos principais gases responsáveis pela destruição da camada de ozônio era o clorofluorcarbono, cujo consumo caiu significativamente após ter sido constatado que ele reagia com o O_3 , degradando a camada de ozônio.
III. Uma das principais consequências da destruição da camada será o aquecimento global com a possível elevação dos níveis dos oceanos.

Estão corretas:
a) I e III
b) II e III
c) I, II e III
d) I e II
e) I

4. **(UFPel-RS) APOCALIPSE JÁ...**
"Já começou a catástrofe que se esperava para daqui a 30 ou 40 anos. A ciência não sabe como reverter seus efeitos.

O derretimento do Ártico, a elevação do nível do mar, o avanço das áreas desérticas, o aumento da intensidade dos furacões, entre outras, são algumas das mudanças de grandes proporções causadas pelos altos níveis do aquecimento global."

Revista *Veja*, 21 jun. 2006. [adaptado]

Esse aquecimento global é consequência do desequilíbrio em um processo natural.

Com base em seus conhecimentos e nas informações anteriores, é correto afirmar que o processo que sofre o desequilíbrio responsável pelo aquecimento global se refere:

a) às ilhas de calor, resultantes da elevação das temperaturas médias nas áreas urbanizadas das grandes cidades, em comparação com as zonas rurais.
b) à inversão térmica, resultante da concentração do ar frio nas camadas mais baixas, impedindo sua dispersão.
c) às chuvas ácidas, resultantes da elevação exagerada dos níveis de acidez da atmosfera em consequência do lançamento de poluentes produzidos pela atividade humana.
d) ao efeito estufa, que consiste na retenção do calor irradiado pela superfície terrestre e pelas partículas de gases e água existentes na atmosfera.
e) aos ciclones extratropicais que são provocados pela interação entre ventos, pressão atmosférica e altas temperaturas, comuns em zonas tropicais.

5. **(PUC-PR) O espaço urbano é resultado de intensiva interferência social no meio. Modificam-se o solo, as formas do relevo, o padrão de drenagem e a qualidade das águas fluviais e, ainda, há mudanças significativas no clima. Nas metrópoles e nos polos industriais, essas mudanças no clima são ainda mais perceptíveis.**

Relacione as colunas abaixo, associando os fenômenos climáticos urbanos com as suas devidas explicações:

I. Chuva ácida
II. Ilha de calor
III. Inversão térmica
IV. Smog fotoquímico

( ) Comum no inverno, quando uma camada de ar frio se situa muito embaixo na atmosfera, bem próximo à superfície, retendo e concentrando os poluentes sobre a área urbana, agravando a poluição atmosférica.

( ) Redoma climática sobre a cidade, fazendo com que as temperaturas nas áreas centrais e de maior industriais, sejam maiores do que nas mais arborizadas e de menor concentração demográfica.
( ) Paira como um nevoeiro constante sobre as cidades, especialmente quando estas estão cercadas por áreas de relevo mais elevadas, como Los Angeles, Santiago e São Paulo, causando irritação na vista e intensificando os problemas respiratórios de suas populações.
( ) Ocorre com mais frequência em áreas de extração e industrialização de carvão e outros combustíveis fósseis, cujo processo libera enxofre para a atmosfera, concentrando-a com composto sulfurosos, modificando a qualidade da precipitação pluvial.
( ) Esse fenômeno se dá de forma mais intensa porque a cidade, sobretudo sua área central, é uma verdadeira fonte de calor, devido ao grande consumo de combustível fosseis em aquecedores, automóveis e industriais, de modo que as isotermas apresentam valores maiores na medida em que se aproximam das áreas mais centrais.

A relação correta é:

a) 3 - 2 - 4- 1 - 2.
b) 2 - 4 - 3 - 1 - 3.
c) 2 - 3 - 4 - 3 - 1.
d) 1 - 2 - 3 - 3 - 4.
e) 4 - 3 - 2 - 2 - 1.

6. (Fuvest-SP) Considere os seguintes acontecimentos:
I. proliferação de seres anaeróbicos;
II. proliferação intensa de micro-organismos;
III. aumento de matéria orgânica disponível;
IV. diminuição da quantidade de oxigênio disponível na água;
V. morte dos seres aeróbicos.

a) Indique a sequência em que ocorrem os acontecimentos acima, causados pelo lançamento, numa represa, de grande quantidade de esgoto com resíduos orgânicos.
b) Qual desses acontecimentos é conhecido como eutrofização?

7. (UFPR-PR) Esquematize e explique uma teia alimentar.

8. (Fuvest-SP) Dentre as várias formas de interferência do homem moderno no ambiente natural podem ser citados o efeito estufa e a destruição da camada de ozônio. Escolha um desses fenômenos e explique:
a) como ele é provocado
b) uma das consequências previsíveis advindas desse fenômeno para a humanidade.

9. **(Fuvest-SP) O metano (CH_4), o gás carbono (CO_2) e os clorofluorocarbonetos (CFC) estão relacionados, direta ou indiretamente, a intensificação do efeito-estufa e a destruição da camada de ozônio.**

a) Qual(quais) desses gases pode(m) resultar de processos biológicos?

b) A camada de ozônio filtra raios ultravioletas (UV) que atingem a atmosfera terrestre. A diminuição dessa camada aumenta a exposição dos seres vivos a esses raios, que podem induzir mutações no DNA. Considere que os raios UV não penetram em nosso corpo além da pele.

I. Como a exposição aos raios UV pode, a longo prazo, afetar nossa saúde? Justifique.

II. Qual é a consequência de nossa exposição aos raios UV para a geração seguinte? Por quê?

Descomplicando a Biologia

(Fuvest-SP) Em artigo publicado na revista *Nature* (27/9/2007), os cientistas James Lovelock e Chris Rapley propõem, como ação contra o aquecimento global, a instalação de tubos oceanos a fim de bombear, para a superfície, a água que está entre 100 e 200 metros de profundidade. A água bombardeada, rica em nutrientes, funcionaria como "fertilizante" na superfície oceânica".

a) De que maneira essa medida poderia colaborar para a redução do aquecimento global?

b) Espera-se também que a produtividade da pesca aumente nos locais em que a água do fundo for bombeada para a superfície. Como esse procedimento poderia provocar o aumento na quantidade de peixes?

Resolução e comentários

a) A "fertilização" da superfície oceânica favoreceria o aumento do fitoplâncton, que, por meio da fotossíntese, sequestraria mais gás carbônico, amenizando assim os efeitos desse gás no aquecimento global.

b) O aumento do fitoplâncton (produtores) beneficia todos os elos subsequentes da teia alimentar, resultando também em aumento na quantidade de peixes.

RESPOSTAS DAS ATIVIDADES

Capítulo 1

1. E **2.** D **3.** B **4.** A **5.** C

6. a) comunidade b) ecossistema

7. Os conhecimentos da Biologia permitem que possamos compreender:

- As possibilidades da clonagem humana para fins terapêuticos e diferenciá-la da clonagem reprodutiva;
- Os efeitos positivos e os riscos dos organismos transgênicos;
- O impacto das nossas ações sobre o meio ambiente, afetando a biodiversidade;
- A importância das vacinas, dos antibióticos e de outras substâncias usadas na manutenção da qualidade de vida.

Capítulo 2

1. E **2.** D **3.** B **4.** A **5.** B **6.** B **7.** E

8. Composição química lipoproteica, ou seja: formada de proteínas associadas a fosfolipídios. As principais funções da membrana plasmática são:

- Isolamento do meio externo.
- Seleciona substâncias que entram e saem da célula de acordo com suas necessidades.

9. Ingestão de partículas.

Pelo processo de fagocitose, a célula adquire do meio externo partículas grandes ou macromoléculas, que normalmente não seriam absorvidas pela membrana plasmática.

Defesa do organismo.

A fagocitose é comum nos glóbulos brancos, células do sangue que, por meio desse mecanismo, englobam e digerem microrganismos que invadem o corpo.

Capítulo 3

1. C **2.** C **3.** D **4.** C

5. O DNA possui uma sequência de bases nitrogenadas, que é copiada pelo RNA mensageiro (transcrição). O RNA mensageiro passa o núcleo ao citoplasma, levando o código genético copiado do DNA. No citoplasma, com auxílio dos ribossomos, os aminoácidos são posicionados de acordo com a sequência de bases nitrogenadas do RNA mensageiro, pelos RNA transportadores. Logo, a sequência dos aminoácidos das proteínas depende da sequência de bases nitrogenadas do DNA.

6. Sob ação enzimática, abre-se a dupla hélice da molécula de DNA; em seguida, cada uma das hélices serve de molde para a construção das respectivas hélices complementares. A duplicação é considerada semiconservativa porque cada uma das moléculas-filhas conserva, na sua estrutura, uma das hélices oriundas da molécula-mãe de DNA.

7. A base uracila só aparece no RNA. Além disso, as bases, caso fosse DNA, estariam pareadas e na mesma proporção. Assim, para 20% de citosina haveria 20% de guanina, e para 15% de adenina haveria 15% de timina.

8. Na formação do RNA a partir do DNA, observa-se a seguinte relação:

DNA	RNA
A	U
C	G
G	C
T	A

Assim, se a fita-molde de DNA for ACTCCGCTTAGG, o RNA formado será UGAGGCGAAUCC; se a fita-molde de DNA for TGAGGCGAATCC, o RNA formado será ACUCCGCUUAGG.

Capítulo 4

1. C **2.** C **3.** C **4.** B **5.** B

6. a) Na mitose: 46; na meiose: 23

b) A meiose reduz à metade de cromossomos de uma célula diploide (o número diploide será restabalecido na fecundação) e aumenta a variabilidade da espécie por meio da ocorrência da recombinação gênica.

7. A frase está errada, pois as células interfásicas manifestam grande atividade metabólica, sintetizando todas as substâncias necessárias para o seu desenvolvimento e divisão.

8. Mitose animal: cêntrica e com citocinese centrípeda.

Meiose vegetal: acêntrica e com citocinese centrífuga.

9. Sim, cromatina são filamentos de DNA, que se encontram desespiralizados, apresentado um aspecto enovelado. Cromossomos são filamentos de DNA, espiralizados, encontrados na célula em processo de divisão.

10. a) Meiose, pois ocorre pareamento de cromossomos homólogos.

b) 3, 4, 1, 2, 5

c) Na etapa 3, que representa a prófase I, está ocorrendo *crossing-over,* que aumenta a variabilidade genética.

Capítulo 5

1. A **2.** A

3. a) 1 – fotossíntese; 2 – respiração celular

b) 3 – cloroplastos; 4 – mitocôndrias

c) A + B – glicose e oxigênio; C + D – CO_2 e H_2O

d) E – ATP

4. a) Glicose

b) No citosol (parte mais solúvel do citoplasma)

c) Quebra parcial da molécula de glicose, produzindo ácido pirúvico

d) Não. Nesta fase a glicose é apenas parcialmente quebrada, não há produção de água, e as quatro moléculas de hidrogênio produzidas ligam-se ao NAD.

Capítulo 6

1. D **2.** D **3.** B **4.** C

5. a) Artrópodes e fungos.

b) As funções comuns são: sustentação, proteção e manutenção da fauna.

6. a) Trypanosoma cruzi

b) A espécie foi escrita com inicial maiúscula em homenagem a Osvaldo Cruz, pesquisador brasileiro que descreveu pela primeira vez o ciclo de vida desse protozoário que causa a doença de Chagas.

c) Anopheles (Nyssorhynchus) darlingi – regra para o subgênero; entre parênteses e com inicial maiúscula.

d) Rana sculenta marmorata – regra para subespécie terceiro nome em letra minúscula.

Carica papaya – regra para espécie.

7. São cinco os reinos de seres vivos:
- Monera: unicelulares procariontes.
- Protista: unicelulares eucariontes.
- Fungi: eucariontes multinucleados (ou multicelulares, para simplificar, pois os fungos septados não formam células verdadeiras), heterótrofos, que obtêm alimentos por absorção.
- Metaphyta: eucariontes multicelulares, autótrofos.
- Metazoa: eucariontes multicelulares, heterótrofos, que obtêm seus alimentos por ingestão.

8. Nesta questão, vale a pena comentar os diferentes critérios para protistas, o fato de existirem fungos e plantas unicelulares e o fato de animais parasitas se alimentarem por absorção.

A espécie compreende um conjunto de organismos capazes de se intercruzarem, gerando descendentes férteis. O intercruzamento é apontado no trecho em que se diz "(...) As raças humanas não são, pois, bastante distintas para habitar um mesmo país sem se *misturar*". A fertilidade da descendência fica evidente no trecho "estas tríplices alianças nos oferecem a prova mais rigorosa da mútua *fertilidade* das formas genitoras".

Capítulo 7

1. B **2.** E **3.** E **4.** C

5. a) O *Aedes aegypti* possui hábitos diurnos (o morador disse que foi picado à noite).
b) O *Aedes aegypti* não é amarelo: sua coloração é escura.
c) O *Aedes aegypti* tem hábitos urbanos, vivendo dentro ou nas proximidades das habitações humanas: o morador relatou que foi picado na mata.
d) O *Aedes aegypti* não tem grande porte; é um mosquito pequeno e delgado.
e) O período de incubação do vírus é de alguns dias; assim a doença normalmente não se manifesta no dia seguinte ao da picada do mosquito. Além das considerações acima, pode-se também destacar o fato de o morador não ter viajado para qualquer área endêmica da doença.

6. Não. Atualmente não há nenhuma comprovação de que a convivência social, incluindo abraços, apertos de mão e uso comum de toalhas e de utensílios domésticos possam transmitir o vírus.

7. a) Reprodução de um vírus dentro de uma célula bacteriana
b) E – C – A – D – B
a) Bacteriófago

8. Ácido nucleico: RNA.

Retrovírus: termo que se refere ao fato de seu RNA ser transcrito de modo inverso, ou seja, é transcrito em molécula de DNA pela enzima transcriptase reversa que ele possui.

9. São entidades ultramicroscópias, constituídas basicamente de proteínas e ácido nucleico, que pode ser DNA ou RNA. Os vírus só se reproduzem no interior de células vivas.

Capítulo 8

1. B **2.** A **3.** B **4.** D **5.** D

6. a) Ausência de membrana nuclear e de organoides membranosos citoplasma (retículo endoplasmático, aparelho de Golgi etc.).
b) Mitocôndrias; respiração.
c) Síntese de proteínas.

d) Conjugação: duas bactérias se unem e uma parte do material genético passa de uma bactéria para outra através de pontes de citoplasma.

7. A sífilis é transmitida geralmente por contato sexual; o cólera é transmitido por água ou alimento contaminado.

8. a) Os alimentos contaminados são responsáveis pela transmissão da cólera.

b) Não provoca a deficiência do sistema imune, quando infectar os linfócitos (um tipo de glóbulo branco).

c) Não. Somente o RNA.

Capítulo 9

1. B **2.** D

3. Os garimpeiros já eram portadores do plasmódium em seu sangue. Ao chegarem à área makuxi, foram picados por fêmeas do mosquito Anopheles que, então, transmitiram o parasita para os índios.

4. a) Tem função de regulação osmótica, bombeando continuamente água para fora do protozoário, de maneira a evitar uma excessiva hidratação.

b) Torna-se funcionalmente inativo.

5. As populações rurais provocaram o desmatamento, construíram casas de pau-a-pique e passaram a conviver em íntima proximidade com animais domésticos. O desmatamento levou os percevejos a se refugiarem nas casas. As cafuas, construídas com paus e blocos de barro, se constituíram, por seus numerosos buracos nas paredes, em excelente habitat para os barbeiros. Os animais domésticos se mostraram ótimos reservatórios dos tripanossomídeos. Isso tudo, em conjunto, abriu um novo campo para a expansão da doença de Chagas.

6. a) A razão da diferença entre os dois tipos de protozoário é que os de água salgada são praticamente isotônicos em relação ao meio e não têm problemas de regulação osmótica. Já os protozoários de águas doces, sendo hipertônicos em relação ao meio, recebem constantemente água por osmose, eliminando o excesso por meio dos vacúolos pulsáteis.

b) Em tal situação, esse protozoário devera sofrer lise (ruptura) provocada pela excessiva entrada de água por osmose.

Capítulo 10

1. C **2.** C **3.** A **4.** B **5.** D **6.** B

7. Os champignons usados na alimentação e o *Penicillium* usado na extração do antibiótico penicilina.

8. a) Algas; fungos. b) Algas; fungos. c) Sorédios.
d) Mutualismo. e) Fungos; fotossíntese.

Capítulo 11

1. A **2.** D **3.** A **4.** D **5.** B **6.** B **7.** D **8.** D

9. As briófitas são plantas dependentes de água para a fecundação, além de serem plantas avaculares. Com isso, o transporte de água ocorre lentamente, de uma célula para outra, impedindo que estas plantas se afastem da fonte de água representada pelo solo úmido. Os anfíbios são animais de fecundação externa e necessitam de água para o encontro dos gametas. Por outro lado, a respiração cutânea é muito importante para estes animais; daí a necessidade de umidade constante na sua pele, para a ocorrência da respiração cutânea.

De tudo isso, pode-se concluir que estes seres representam a transição entre a vida aquática e a terrestre.

10. São as briófitas.
Ausência de vasos condutores.
Esporófito.

11. a) Pinheiro-do-paraná, pertence ao grupo das gimnospermas.
b) Corresponde à semente.

12. Sim, a afirmação é verdadeira.
O tomate é resultante do ovário desenvolvido, e o caju, do desenvolvimento do pedúnculo.

Capítulo 12

1. C **2.** E **3.** A **4.** E
5. B **6.** A **7.** C **8.** B

9. Não, pois a hora iluminada do dia, teoricamente, corresponde às 12 horas, quando se verifica no gráfico uma ligeira redução de abertura dos estômatos. Como a difusão do CO_2 do ar atmosférico para o interior da folha se faz através dos estômatos, e como é o CO_2 que penetra na folha que participa da fotossíntese, nota-se então que a intensidade da fotossíntese não é maior na hora mais iluminada do dia, mas aproximadamente, entre 9 horas e 11 horas, quando se verifica maior abertura dos estômatos, conforme mostra o gráfico.

10. Os dados permitem concluir que a concentração de auxinas ótima para o caule é máxima para a raiz.

11. a) O líber ou floema. b) Transporte de seiva orgânica ou elaborado.

12. Segundo a teoria de Dixon, quando uma planta, transpira a concentração aumenta nas células foliares, originando uma força de sucção que promove a subida da coluna hídrica contida nos vasos lenhosos. Nessas condições, a água sobe em estado de tensão ou pressão negativa.

Capítulo 13

1. E **2.** B **3.** B **4.** E

5. a) Filo Artrópodes; classe Arachnida
b) 4 pares de patas; ausência de antenas

6. a) Apresentam patas articuladas e exoesqueleto quitinoso, além de sistema nervoso ventralmente situado no corpo.
b) Crustáceos: dois pares de antenas
Insetos: um par de antenas
Aracnídeos: não possuem antenas

7. São animais celenterados, conhecidos como corais. A formação de barreira é consequência da deposição dos esqueletos calcários de corais mortos.

8. a) Malária e esquistossomose
b) Controlar a população de mosquitos e de caramujos transmissores, respectivamente.

9. A palavra "cabelos", indicando que o animal tem pelos, uma característica exclusiva de mamíferos.

10. Os dois grupos ainda dependem da água para a fecundação, podendo ser considerados organismos de transição entre o ambiente aquático e o terrestre.

11. Presença de asas Corpo coberto de penas Ossos pneumáticos

12. Como exemplos poderíamos citar a paca e capivara entre os roedores, o gambá, marsupial, o bugio, primata, anta, o veado campeiro, o cervo do pantanal, entre os ungulados, o tatu e o bicho preguiça que são edentados, entre outros.

Capítulo 14

1. E **2.** B **3.** C **4.** D **5.** A **6.** D **7.** E

8. 1 – glândulas salivares; 2 – fígado; 3 – estômago; 4 – intestino delgado; 5 – vesícula biliar; 6 – intestino grosso; 7 pâncreas.

9. Nos mamíferos, as trocas gasosas são realizadas com a participação do sistema circulatório. A hemácea possui um pigmento respiratório, denominado hemoglobina, que auxilia o transporte de gases, formando compostos instáveis.

O sangue (hemolinfa) dos insetos é incolor e não transporta gases respiratórios. Eles possuem respiração traqueal, que permite uma comunicação direta das células do corpo com o meio ambiente, facilitando a difusão do oxigênio.

10. a) Sistema nervoso autônomo ou vegetativo, que é formado por dois nervos: simpático e parassinpático. O simpático estimula os batimentos cardíacos, e o parassimpáticos retarda.

b) Estômago, rins, útero etc.

11. a) O animal A é aquático, enquanto o B é terrestre.

b) A excreção de amônia, substância mais tóxica do que o ácido úrico, requer elevado consumo de água, podendo ser realizada pelo animal A, que dispõe de muita água. O animal B consome volume de água na excreção, estando bem adaptado à vida terrestre.

A fecundação interna ajudou o animal B a conquistar o meio terrestre. O animal A, apresentando fecundação externa, só pode viver no meio aquático. A presença de tegumento muito queratinizado dificulta a perda de água, permitindo a vida no meio terrestre.

12. O estímulo (pancada) origina o surgimento de um impulso nervoso, que é conduzido por um neurônio sensorial até o SNC (medula); na medula, a informação adquirida é transformada em ordem de ação; essa ordem é conduzida por neurônios motores até o órgão efetor (músculo da coxa), que se contrai, levantando a perna.

13. a) Uma vez conhecido o tempo de metamorfose e a idade dos diferentes estágios (larva) de determinado inseto saprófago, é possível estabelecer-se com relativa precisão o tempo transcorrido desde a morte. Além disso, diferentes espécies de moscas e besouros saprófagos instalam-se sobre o cadáver em momentos diferentes do processo de putrefação.

b) Determinadas espécies de insetos podem apresentar distribuição geográfica diferente. Assim, se houver no cadáver insetos de uma região diferente daquela em que foi encontrado, deduz-se que ele proveio de outro local.

14. a) Na evolução, a casca do ovo constitui um dos passos mais importante para a adaptação ao meio terrestre, conferindo proteção especialmente contra perda de água. O líquido amniótico, contido na bolsa, representa um meio protetor contra a desidratação e permite que, nos primeiros estágios do desenvolvimento, o embrião flutue, evitando choques mecânicos e aderência que poderiam comprometer a formação das estruturas do corpo.

b) Trata-se do endosperma triploide (ou albúmen). Sua função, tal qual a do vitelo contido no saco vitelínico, é a de nutrir o embrião nos primeiros estágios do desenvolvimento.

Capítulo 15

1. C **2.** D **3.** E **4.** E **5.** D **6.** C

7. a) Fenótipo – é o resultado da ação do genótipo mais a do meio ambiente.

b) Genótipo – é o patrimônio genético de um indivíduo, ou o conjunto de genes de um organismo.

c) Genes alelos – são os genes que pertencem ao mesmo par e que, portanto, atuam no mesmo caráter e, além disso, se localizam na mesma posição relativa (locus) do mesmo par de cromossomos homólogos.

Capítulo 16

1. D **2.** D **3.** C **4.** C

5. a) O caráter recessivo é o albinismo e a conclusão pode ser tirada analisando-se os descendentes dos indivíduos F e G.

b) São homozigotos obrigatórios: A, D e J (aa); são heterozigotos obrigatórios: E, F, G e H (Aa)

c) B, C e I

d) A mulher deve ser heterozigota (Aa).

e) $\frac{1}{4}$ ou 25%

6. a) frutos brancos: 75% ou 99 frutos;
frutos amarelos: 25% ou 33 frutos

b) 66 frutos (25% ou 33 frutos brancos AA e 25% ou 33 frutos amarelos aa)

7. Plantas de flor rósea e folhas de largura intermediária têm genótipo VBLE.

a) Cruzando-se, então, plantas VBLE com outras VBLE, tem-se:

P = VBLE X VBLE

Gametas: VL, VE, BL, BE x VL, VE, BL, BE

	VL	VE	BL	BE
VL	VVLL	VVLE	VBLL	VBLE
VE	VVLE	VVEE	VBLE	VBEE
BL	VBLL	VBLE	BBLL	BBLE
BE	VBLE	VBEE	BBLE	BBEE

Assim, a probabilidade de se obterem plantas com flor rósea (VB) e com folhas de largura intermediária (LE) é de $\frac{4}{16}$ ou $\frac{1}{4}$ ou 25%.

b) A probabilidade é de $\frac{1}{4}$ ou 15%. ($\frac{1}{16}$ VVLL + $\frac{1}{16}$ VVEE + $\frac{1}{16}$ BBLL + $\frac{1}{16}$ BBEE = $\frac{4}{16}$ ou $\frac{1}{4}$).

8. a) O cruzamento II apresenta resultado de acordo com os valores esperados. Observe o esquema.

Cruzamento II

Aa X aa

	A	a
a	Aa	aa

A a X a

	a	
a	Aa	aa

50% amarelos (Aa) 50% cinza (aa)

b) O cruzamento I apresenta resultado que não está de acordo com os valores esperados. Observe o esquema cruzamento I:

P = Aa X Aa

Gametas: A e a X A e a

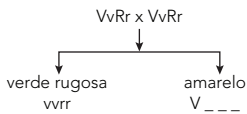
	A	a
A	AA	Aa
a	Aa	aa

Interpretando: AA, Aa, Aa = amarelos $\frac{3}{4}$ ou 75%

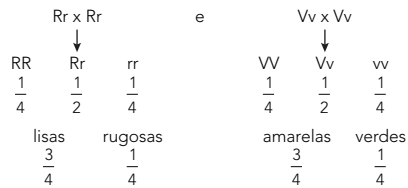
aa = cinza $\frac{1}{4}$ ou 25%

O fato de os descendentes amarelos representarem $\frac{2}{3}$ do total (valor observado), em vez de $\frac{3}{4}$ do total (valor esperado) pode ser explicado admitindo-se que a combinação (AA) é letal. Assim, os descendentes amarelos são apenas aqueles com genótipos (Aa) ($\frac{2}{3}$ dos sobreviventes), e os cinza (aa) equivalem a $\frac{1}{3}$ dos sobreviventes.

9. Como se trata de um caso de segregação independente, pois os locos dos genes que condicionam esses dois caracteres (cor e forma) estão em cromossomos diferentes (não-homólogos), podemos analisar o cruzamento de cada fenótipo isoladamente. Sendo assim, realizar esse cruzamento na forma RrVv x RrVv será o mesmo que realizá-lo na forma Rr x Rr e Vv x Vv e multiplicar as probabilidades. Sendo assim, agiremos da segunda forma por ser mais rápida.



Cruzando separadamente:



Usando a regra do "e", uma vez que forma e cor são determinadas por genes não alelos que apresentam segregação independente, teremos que:

a) Planta verde rugosa = P verde x P rugosa = $\frac{1}{4} \times \frac{1}{4} = \frac{1}{16} \times 800 = 50$ plantas verdes rugosas.

b) Planta amarela = P amarela = $\frac{3}{4} > \frac{3}{4} \times 800 = 600$ plantas amarelas.

Capítulo 17

1. A **2.** E **3.** D **4.** C

Capítulo 18

1. E **2.** C **3.** E

Capítulo 19

1. A **2.** E

3. Ccii X Ccli

Filhos: branca (CCli) 50% branca
colorida (Ccii) 50% colorida
branca (Ccli)
colorida (Ccii)

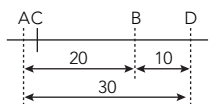
4. Como a proporção dos fenótipos externos é aproximadamente de $\frac{1}{250}$ ($\frac{2}{500} = \frac{1}{256}$), que é aproximadamente igual a $\frac{1}{256}$, devem existir 8 genes aditivos (2n = 256); como a diferença entre a planta mais alta e a mais baixa é de 60,8 cm (182,8 cm – 122 cm) cada gene contribui com 7,6 cm (60,8 : 8).

Capítulo 20

1. B **2.** A **3.** D **4.** B

5. Os genótipos em maior número são os parentais; em menor número, recombinantes.
O número total de descendentes é: 903 + 897 + 98 + 102 = 2000.
O número total de recombinantes é: 98 + 102 = 200
A porcentagem de recombinação, portanto, é:
2000_____100%
200_____x%
$x = \frac{200 \times 100}{2000} = 10\%$

6. a) A sequência mais provável para esses genes é: A C B D.
b) Os genes estão dispostos linearmente ao longo do cromossomo.
Assim, a taxa de permuta entre eles reflete, de modo diretamente proporcional, a distância que os separa (por convenção, 1% de permuta, e equivale a uma unidade de distância, no mapa genético. Levando-se em consideração os valores das taxas de permuta entre os genes em questão, é possível construir o mapa cromossômico abaixo:



Capítulo 21

1. C **2.** C **3.** A **4.**D **5.** A **6.** B

7. Os órgãos homólogos, que apresentam a mesma origem embrionária, mostram que existe um parentesco evolutivo entre as diferentes espécies que os apresentam, indicando uma origem comum. Os órgãos análogos, que apresentam a mesma função e origem embrionária diferente, mostram que diferentes tipos de seres vivos buscam um mesmo tipo de adaptação a determinado ambiente.

8. a) Darwin foi o cientista que admitiu o papel seletivo do ambiente sobre as variedades mais adaptáveis.
b) Segundo Lamarck, o ambiente poderia agir como fator indutor das modificações nos indivíduos, tornando-os mais adaptados. Esses caracteres adquiridos durante a vida seriam transmitidos aos descendentes, adaptando a espécie cada vez mais ao meio.

9. As lagartas, na verdade, não desenvolveram resistência ao inseticida. Os indivíduos que já possuíam a capacidade de resistir ao inseticida foram selecionados positivamente, enquanto as formas mais sensíveis foram eliminadas.

Capítulo 22

1. A palavra Ecologia deriva do grego *aíkos* = casa e *logos* = estudo. Assim, Ecologia é o ramo da Biologia que estuda todas as interações dos seres vivos entre si e com o

meio ambiente. Argumento favorável: contribui para a formação de uma consciência de que o progresso só tem sentido quando estreitamente ligado ao respeito pela vida. Argumento contrário: usam-se indevidamente temas ecológicos com finalidades, por exemplo, comerciais ou políticas.

2. a) Sucessão ecológica.
b) As espécies modificam o ambiente físico, tornando-o apto a receber novas espécies.
c) Sendo o ambiente inorgânico, as espécies pioneiras deverão ser autótrofas, pois, se fossem heterótrofas, não encontrariam alimento.

Capítulo 23

1. B **2.** A **3.** B **4.** C

5. Para que o ecossistema atinja o equilíbrio, há necessidade de entrada e saída de energia.

6. Os principais decompositores são os fungos saprófitas e algumas bactérias. Apresentam uma importância relevante para os ecossistemas, pois degradam substâncias orgânicas, liberando substâncias inorgânicas, que podem ser novamente utilizadas pelos produtores.

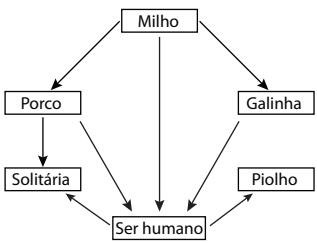
7. Produtor ⟶ laranja
Consumidor de 1ª ordem ⟶ canário
Consumidor de 2ª ordem ⟶ cobra
Decompositores ⟶ bactérias

Capítulo 24

1. B **2 .** C **3.** D **4.** D **5.** A

6. a = III – II – IV – V – I b = III

7. Uma troca de energia entre várias espécies a partir do produtor.



8. a) O efeito estufa resulta da liberação excessiva de gases, principalmente o CO_2, resultante da combustão, da combustão. O CO_2, tende a acumular-se nas camadas inferiores da atmosfera, retendo calor e determinando a elevação da temperatura mundial.
b) As possíveis consequências do efeito estufa é o desgelo das calotas polares, com elevação do nível dos oceanos.

9. a) O metano e o gás carbono podem resultar de processos biológicos.
b) I. A exposição aos raios UV pode levar ao desenvolvimento de cânceres de pele. Sendo os raios UV pouco penetrantes, eles induziriam a ocorrência de mutação apenas no DNA das células do revestimento corporal.
II. A exposição aos raios UV não traz consequências para a geração seguinte, já que as células por eles afetadas são somáticas, não participando da reprodução.

SIGLAS UTILIZADAS

Acafe-SC — Associação Catarinense das Fundações Educacionais
Cesesp-PE — Centro de Seleção ao Ensino Superior de Pernambuco
Cesgranrio-RJ — Fundação Cesgranrio
EEM-SP — Escola de Engenharia Mauá
Enem — Exame Nacional do Ensino Médio
Faap-SP — Fundação Armando Álvares Penteado
Facimpa-MG — Faculdade de Ciências Médicas de Pouso Alegre
Fatec-SP — Faculdade de Tecnologia de São Paulo
Fesp-PE — Fundação do Ensino Superior de Pernambuco
FMI-MG — Faculdade de Medicina de Itajubá
FMU-SP — Faculdades Metropolitanas Unidas
FMB-MG — Faculdade de Medicina de Barbacena
Fuabc-SP — Fundação do ABC
FUERN — Fundação Universidade do Estado do Rio Grande do Norte
Fuvest-SP — Fundação Universitária para o Vestibular da Universidade de São Paulo
Mackenzie-SP — Universidade Presbiteriana Mackenzie
PUC-Campinas-SP — Pontifícia Universidade Católica de Campinas
PUC-MG — Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais
PUC-PR — Pontifícia Universidade Católica do Paraná
PUC-RJ — Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro
PUC-RS — Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul
PUC-SP — Pontifícia Universidade Católica de São Paulo
UCMG — Universidade Católica de Minas Gerais
UEA-AM — Universidade do Estado do Amazonas
UECE — Universidade Estadual do Ceará
UEL-PR — Universidade Estadual de Londrina
UFAL — Universidade Federal de Alagoas
UFBA — Universidade Federal da Bahia
Ufes — Universidade Federal do Espírito Santo
UFF-RJ — Universidade Federal Fluminense
UFJF-MG — Universidade Federal de Juiz de Fora
UFMG — Universidade Federal de Minas Gerais
UFMT — Universidade Federal do Mato Grosso
Ufop-MG — Universidade Federal de Ouro Preto
UFPA — Universidade Federal do Pará
UFPel-RS — Universidade Federal de Pelotas
UFPR — Universidade Federal do Paraná
UFRGS-RS — Universidade Federal do Rio Grande do Sul
UFRJ — Universidade Federal do Rio de Janeiro
UFRN — Universidade Federal do Rio Grande do Norte
UFSC — Universidade Federal de Santa Catarina

UFSCar-SP — Fundação Universidade Federal de São Carlos
UFT — Universidade federal do Tocantins
UMC-SP — Universidade de Mogi das Cruzes
UnB-DF — Fundação Universidade de Brasília
Unesp — Universidade Estadual Paulista
Unicamp-SP — Universidade Estadual de Campinas
Unifor-CE — Universidade de Fortaleza
Unip-SP — Universidade Paulista
Unirio-RJ — Fundação Universidade do Rio de Janeiro
Unisa — Universidade de Santo Amaro
Unitau-SP — Universidade de Taubaté
Vunesp — Fundação para o Vestibular da Unesp
UFU-MG — Universidade Federal de Uberlândia

BIBLIOGRAFIA

ALBERT, B.et.al. *Fundamentos da biologia celular*. Porto Alegre: Editora Artes, 2000.

AMABIS, J.M., Martho, G. R. *Biologia* . São Paulo: Editora Moderna, 2004.

BRASIL. Ministério do Meio ambiente, Ministério da Educação, Instituto Brasileiro de Defesa do Consumidor. *Consumo sustentável:* manual de educação. Brasília: 2005.

COIMBRA. M., RUBIO, P., CORAZZINI, R. C., NAKANO, R., MALUHY, O., NAVICK, S. *Projeto escola e cidadania para o ensino médio de Biologia*. São Paulo: Editoras do Brasil, 2000. 2ª edição.

DURRELL, G. *O naturalista amador*: um guia prático ao mundo da natureza. São Paulo: Editora Martins Fontes, 1996.

ERHART, E.A. *Elementos da anatomia humana*. São Paulo: Editora Atheneu, 2006.

FROTA PESSOA, O. *Biologia na escola secundária*. São Paulo: Editora Nacional, 1973.

GILBERT, S. F. *Biologia do desenvolvimento*. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, l995.

JUNQUEIRA, C., CARNEIRO, J. *Biologia celular e molecular*. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan, 2000.

LAURENCE, J. *Biologia*. Editora Nova Geração, 2006.

LAWRENCE, G.H.M. *Taxonomia das plantas vasculares*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbernkian,1973.

LOPES, S., ROSSO, S. *Biologia*. São Paulo: Editora Saraiva, 2005.

SANTOS, M. A. *Biologia educacional*. São Paulo: Editora Ática, l993.

SARIEGO, J.C. *Educação ambiental*. São Paulo: Editora Scipione, 1994.

SOARES, J.L. *Dicionário etimológico e circunstanciado de Biologia*. São Paulo: Editora Scipione, 1993.

STEPHEN, C.S., ROLF, F. H. *Evolução*: uma introdução. São Paulo, Editora Atheneu, 2003.

STORER, T.I. *Zoologia geral*. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1991.

VERONESI, R. *Doenças infecciosas e parasitárias*. Rio de Janeiro: Editora Guanabara-Koogan, 1991.